



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL COM O SUPORTE EM
GEOTECNOLOGIAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
BONFIM-GUARAIRAS/RN**

Ewerton Bruno Brito de Araújo

Natal, 13 de dezembro de 2016.

Ewerton Bruno Brito de Araújo

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL COM O SUPORTE EM
GEOTECNOLOGIAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
BONFIM-GUARAIRAS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Rio Grande do Norte como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Kellen Carla Lima

Coorientador: Prof. Dr. Madson Tavares Silva

Natal, 13 de dezembro de 2016.

Ewerton Bruno Brito de Araújo

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL COM O SUPORTE EM
GEOTECNOLOGIAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
BONFIM-GUARAIRAS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso da
Graduação em Engenharia Ambiental da
Universidade Federal do Rio Grande do
Norte, como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Ambiental.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Kellen Carla Lima (Orientadora)
(ECT/UFRN)

Prof. Dr. Madson Tavares Silva (Coorientador)
(UEPB/CCBSA)

Profa. Me. Renata Cristina Medeiros Trajano de Araújo
(UFRN)

Esp. Jéssica Oliveira Domingos

Natal, 13 de dezembro de 2016.

DEDICATÓRIA

A Deus,
por me fazer crer que sou capaz de enfrentar todas as batalhas da vida, me fazer acreditar que tudo tem um propósito e me fazer compreender que podemos aprender mesmo com as coisas ruins que me acontece.

A Madalena Brito,
por ser a mãe que tu és, me criando e educando da melhor forma possível, sem me pressionar a seguir os caminhos que desejava e me deixando livre para seguir os meus desejos, as minhas vontades e os meus sonhos. E sempre acreditando em mim.

A Jéssica Domingos,
por me mostrar e acreditar em mim até mesmo quando eu não estava disposto a ver e acreditar em mim. Por me fazer acreditar em um caminho desconhecido. Por ser meu espelho guia de crescimento.

A Guttenberg Matins,
por ter sido a chave disso tudo. Por ter me ensinado a amar algo que à primeira vista odiava. Por ter sido a raiz disto tudo. Por ter me acolhido da forma que me acolheu. E por ter permitido que eu fizesse parte de sua vida e por ter feito parte da minha. Te dedico isto.

A Vinicius Pontes,
por ser o amigo que tu és. Sabendo me ajudar até mesmo quando eu achava que não precisava de ajuda.

A Kellen Lima,
por saber me orientar de forma ímpar e me estimular a crescer como pessoa. Por acreditar em mim.

A UFRN,
Por ter me tornado uma pessoa melhor, mais independente e capaz de correr atrás dos meus objetivos. Por ter me dado a oportunidade de conhecer a todos aqueles citados que tornaram possível a existência deste estudo.

*“ O sucesso é ir de fracasso em fracasso
sem perder entusiasmo. ”*

Winston Churchill.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao eterno Professor Dr. Guttenberg Martins. Eu, realmente, só tenho o que agradecer por tudo. Por acreditar em mim, por confiar em mim e principalmente por me incentivar. Tudo isso por aquele aluno que nunca havia se encontrado no meio do mundo da Engenharia Ambiental que acabou se apaixonando pelo Geoprocessamento. Meu grande incentivador, meu grande professor, meu grande orientador, meu grande amigo. Eu só tenho o que agradecer por ter tido a oportunidade de ter te conhecido e compartilhado um pouco do que sabes comigo. Obrigado e descanse em paz. Que o Senhor te acolha de forma melhor que o você me acolheu.

Agradeço à minha anja Jéssica Domingos por ter me mostrado o caminho inicial na Engenharia Ambiental que tem me trazido tão bons frutos. Te amo e dedico todas as minhas vitórias a você.

Agradeço à Professora Dra Kellen Lima que acabou sendo um especial neste momento de conclusão de graduação e que, ainda, possui palavras tão enriquecedoras que me motivam mais ainda a permanecer nesse caminho desconhecido que lutava em não conhecer.

Agradeço ao Professor Dr Madson Tavares por ter sido capaz de dispor de ser meu coorientador neste estudo mesmo que distante e soube, ainda, enriquecer-me de uma enorme forma.

Agradeço aos membros da banca por serem capazes de criticar este trabalho a fim de torna-lo melhor e mais conciso.

Agradeço aos meus amigos que souberam não apenas entender minha ausência, mas, também, compreende-la. Sendo capazes de incentivar mesmo que de forma indireta ou direta mesmo e, ainda, me acalmando quando eu estive nos momentos de agonia.

Meu realmente muito obrigado a todos que acompanharam o meu desenvolver na minha formação: Herbert Alves, Bruna Barca, Jéssica Oziel, Vinicius Pontes, Victor Mafra, Rafaella Silva, Renata Castro, Ana Claudia Leite, Fernanda Rego, Carlos Júnior, Mislainy Mayana, Maynara Rocha, Eduardo França, Felipe Antonio, Herika Calvalcanti, Jéssica Leite, Ianne Freire, Romulo Campos, Isaac Falcão, Luan Oliveira e Mateus Ahrends.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guarairas e sua localização no estado do Rio Grande do Norte.</i>	26
<i>Figura 2 – Fluxograma simplificado da metodologia (Fonte: Adaptado de Alvarenga, 2014).</i>	30
<i>Figura 3 - Mapas temáticos do uso e ocupação da terra da APA Bonfim Guraraíras referentes aos anos de 1984 e 2016, respectivamente.</i>	33
<i>Figura 4 – Índices de vegetação por diferença normatizada da APA Bonfim Guraraíras referente aos anos de 1984 e 2016, respectivamente.</i>	35
<i>Figura 5 – Histograma dos índices de vegetação por diferença normatizada da APA Bonfim Guarairas referente aos anos de 1984 e 2016, respectivamente.</i>	36

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Características do sensor TM.</i>	20
<i>Tabela 2 - Descrição das bandas do sensor OLI com os correspondentes intervalos de faixa espectral (comprimento de onda) e resolução espacial</i>	21
<i>Tabela 3 - Associação do intervalo de valores Kappa um grau de qualidade do mapa temático.</i>	31
<i>Tabela 4 - Matriz de confusão das classes definidas na aquisição de amostras do ano de 1984.</i>	36
<i>Tabela 5 - Matriz de confusão das classes definidas na aquisição de amostras do ano de 2016.</i>	37
<i>Tabela 6 - Distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por cada classe do ano de 1984.</i>	37
<i>Tabela 7 - Distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por cada classe do ano de 2016.</i>	37
<i>Tabela 8 - Valores da acurácia total e índice Kappa geral do ano de 1984.</i>	38
<i>Tabela 9 - Valores da acurácia total e índice Kappa geral do ano de 2016.</i>	38

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL COM O SUPORTE DE GEOTECNOLOGIAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL BONFIM-GUARAIRAS/RN

RESUMO

O crescimento populacional vem impactando o ambiente natural, isto se dá devido as mudanças da cobertura e uso da terra associadas à expansão da agricultura e da urbanização. Assim, objetiva-se identificar e caracterizar a Área de Proteção Ambiental (APA) –Bonfim/Guarairas, quanto ao seu uso e ocupação, a partir da utilização de geotecnologias. A referida APA possui área superior a 42 mil hectares, e caracteriza-se como a maior Unidade Estadual de Conservação em área emersa do estado. Metodologicamente, os dados foram analisados, por meio das imagens da APA Bonfim-Guarairas de plataformas orbitais (LANDSAT), processadas com suporte do software de geoprocessamento Quantum Gis versão 2.16.1 Nodebo. Foram utilizadas duas imagens referentes as datas de 26 de setembro de 1984 e 09 de novembro de 2016 sendo submetidas a processos de classificação supervisionada e cálculo de NDVI para a geração dos mapas temáticos após serem ortorretificadas. Como resultado, têm-se que com a análise da modificação dos padrões de uso e ocupação do solo é possível constatar a grande devastação das áreas verdes com o decorrer dos anos e que os processos de urbanização e a busca de fonte de renda e/ou atividade de subsistências proporciona transformações significativas. Destacando, assim, a importância de uma unidade de conservação ambiental bem estruturada com um monitoramento e acompanhamento bem realizado.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Kappa, NDVI, SIG e gerenciamento ambiental.

**SPACE-TEMPORAL ANALYSIS WITH THE SUPPORT OF
GEOTECHNOLOGIES OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA
BONFIM-GUARAIRAS / RN.**

ABSTRACT

Population growth has been impacting the natural environment, due to changes in land cover and land use in the expansion of agriculture and urbanization. Thus, the objective is to identify and characterize the Bonfim/Guarairas Environmental Protection Area (EPA), as to its usage and occupation, through the utilization of geotechnologies. Said EPA possesses an area superior than 42 hectares, and it is characterized as the biggest State Conservation Unit in terms of emerged area. Methodologically, the data were analyzed by means of the Bonfim-Guarairas EPA images from orbital platforms (LANDSAT), processed using the geoprocessing software QGIS version 2.16 Nodebo. Two images were used regarding the dates of September 26th, 1984 and November 9th, 2016, then submitted to supervised classification processes and NDVI calculation for generating themed maps after being orthorectified. As a result, it has been possible to verify the great devastation of the green areas over the years with the analysis of the modification of the patterns of land use and occupation, and that urbanization processes and the search for a source of income and / or Subsistence activity provides significant transformations, thus highlighting the importance of a well structured environment conservation unit with some well performed monitoring and attendance.

Keywords: Geoprocessing, Kappa, NDVI, SIG and environmental management.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 2	16
REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Impacto Ambiental da Mudança no Uso do Solo	16
2.2 Avaliações de Impactos.....	17
2.3 Sensoriamento Remoto	17
2.4 Sensores Ambientais	19
2.5 Geoprocessamento e Software Livre.....	22
2.6 PDI e métodos de Classificação Supervisionada	23
CAPÍTULO 3	25
DADOS E METODOLOGIA.....	25
3.1 Área de Estudo	25
3.2 Dados.....	28
3.3 Metodologia	29
CAPÍTULO 4	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Mapeamento temático e análise espaço temporal das classes.....	32
4.2 Estimativa da acurácia.....	36
CAPÍTULO 5	39
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O crescimento da degradação ambiental, em especial no Brasil, é proveniente de perturbações e/ou mudanças artificiais no meio ambiente que são realizadas pelas atividades humanas (BISPO & LEVINO, 2011). O homem tem percebido a necessidade da identificação e obedecer aos limites impostos pela natureza onde, muitas vezes, são percebidos de forma severa (JACINTHO, 2003). A gestão ambiental, como forma de gerenciar a medição dos conflitos entre a demanda socioeconômica e a conservação ambiental, depende do conhecimento da realidade e da participação dos atores envolvidos. O sucesso no gerenciamento apenas é possível com o auxílio da implementação de sistemas e ferramentas bem estruturadas, onde a divisão das responsabilidades seja bem esclarecida (JACINTHO, 2003).

Dentre os meios de amenizar, conservar e/ou preservar, áreas ambientais consideravelmente importantes, como auxílio à gestão ambiental eficiente, existe a criação de Áreas de Proteção Ambiental (APA) (HOEFFEL *et al.*, 2006). Segundo a Lei 9.985 de julho de 2000, a qual institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, essas áreas, geralmente extensas, possuem um certo grau de ocupação humana com a finalidade da utilização dos seus recursos de forma sustentável, disciplinar a ocupação e a preservação da diversidade biológica.

Conforme Oliva Júnior (2012), apesar da legislação vigente impor diretrizes e limites quanto à utilização dos recursos dentro de uma área de proteção ambiental, é necessário que haja o monitoramento, com o objetivo de averiguar sua situação atual e se há o cumprimento do descrito pela legislação. Os recursos naturais da unidade de conservação podem ser encontrados bastante comprometidos pela ação antrópica, requerendo a implantação de uma política de gestão ambiental e territorial, visto que se trata de uma área com grande potencial natural, ambiental econômico e paisagístico, no qual estas atividades degradadoras realizadas pelo homem vêm cada vez mais sendo representativas quando que comparadas com períodos anteriores (OLIVA JÚNIOR, 2012).

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é visto com um grau elevado de importância para o suporte ao gerenciamento das áreas ambientais tendo em vista que os

planos de gestão são elaborados, desta forma, de maneira mais racional e estratégica (IDEMA, 2004). Segundo Lopes e Strenzel (2014), como forma de se analisar a distribuição das atividades que estão alocadas no espaço, o mapeamento do uso e ocupação do solo é, em si, de fundamental importância. A aplicação de um mapeamento temporal, além da análise espacial, permite, ainda, verificar como as atividades estão em desenvolvimento de acordo com o decorrer dos anos. Alvarenga e Moraes (2014) discutem que as imagens de satélite é uma das grandes inovações no geoprocessamento e vem sendo utilizadas como matéria prima e isso se dá pelo fato de possibilitar análises espaço-temporais de forma que seja possível, assim, verificar as alterações no solo pela ação antrópica.

Com a finalidade de se determinar a dinâmica do uso e ocupação, a interpretação das imagens de satélite e o processamento digital de imagens fornecem contribuições para a uma melhor compreensão dos fenômenos ambientais, que ocorrem com o passar do tempo (ALVARENGA & MORAES, 2014). Ainda, Alvarenga e Moraes (2014) dissertam que se fornece, ainda, a possibilidade de um planejamento estratégico que se consiga determinar a dinâmica real dos processos antrópicos e com melhor eficácia podendo, desta forma, ser bastante útil na formulação de estratégias para amenizar e tentar obter controle do avanço dessas atividades, além de auxiliar na recuperação dessas áreas.

O crescimento populacional vem impactando o ambiente natural, isto se dá devido as mudanças da cobertura e uso da terra (do acrônimo em inglês Land Cover and Land Use Change - LCLUC) associadas, particularmente, à expansão da agricultura e da urbanização. O monitoramento do LCLUC se faz necessário a fim de se compreender a dinâmica global de população e LCLU (do acrônimo em inglês Land Cover and Land Use) (COULTER *et al.*, 2016). Devido ao crescimento constante populacional, se faz necessário a utilização de recursos naturais em uma maior escala. E, devido à ação antrópica, a redução destes recursos estimula, cada vez mais, a compreensão dos padrões de uso e ocupação do homem no espaço (ALVARENGA & MORAES, 2014). Para tal, a utilização de imagens de satélite com a finalidade em mapeamento, planejamento e monitoramento ambiental tem sido encontrado como matéria prima em estudos de pesquisa de sensoriamento remoto.

A importância do sensoriamento remoto para a cartografia é indiscutível. A agilidade e a redução de custos obtidos estão intimamente relacionadas com a melhoria

da qualidade cada vez maior quanto à resolução espacial, obtida através de sensores multiespectrais de alta tecnologia, atendendo, desta forma, aos requisitos de precisão exigidos para geotecnologias. Devendo-se ressaltar que por menor custo para aquisição de imagens quando se é comparado à realização de um novo levantamento aéreo (ROSA, 2011).

A Cartografia proporciona-se como uma ferramenta de apoio que permite a espacialização de todo e qualquer tipo de informação geográfica (DENT, 1999). Os detalhes que são representados podem ser naturais, no qual se diz respeito aos elementos existentes na natureza como os rios, mares, lagos, montanhas, serras, etc. Como também, podem ser artificiais, que se diz respeito aos elementos criados pelo homem como represas, estradas, pontes, edificações, etc. A carta, ou mapa, dependendo da finalidade que será dada, apenas estará completa se trouxer esses elementos, os naturais e os artificiais, devidamente representados (IBGE, 2016).

A carência de mapeamento no Brasil, principalmente em escalas grandes, se dá pelo fato de grande parte encontrar-se desatualizado, fazendo com que a sua utilização não alcance os objetivos para os quais foram elaborados (ROSA, 2011). A necessidade deste estudo, por meio das aplicações das geotecnologias, se faz necessário para dar suporte à uma possível base de gestão da área de preservação Bonfim-Guarairas de forma mais concisa aos acontecimentos dentro da mesma. Tendo em vista que um bom planejamento estratégico se faz a partir de dados concretos e reais. Ainda, como contribuição, este trabalho pode servir como fonte de pesquisa sobre a região e base de dados, dado que se foram elaborados mapas temáticos a partir de imagens de satélites e, ainda, valoradas através da medida de concordância – Kappa dando credibilidade aos resultados obtidos.

Face o exposto, seria possível constatar que as atividades exercidas dentro da APA estão em constante crescimento ou que a ocorrência de uma estabilização do avanço da degradação mesmo dado o aumento da necessidade de recursos naturais? Assim, com a urbanização e a crescente demanda por recursos naturais, a expansão humana dentro da APA está ocasionando uma deterioração de ecossistemas naturais de forma não consciente e, assim, em avanço dentro da unidade de conservação em questão.

Sendo assim,

O objetivo geral desta pesquisa é realizar uma análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo na Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guaraíras, localizada no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte no período de 1984 a 2016. Enquanto, como objetivos específicos, têm-se:

- (i) Quantificar e categorizar a cobertura do uso e ocupação do solo da APA Bonfim-Guaraíras por meio de imagens orbitais para os anos de 1984 e 2016;
- (ii) Estimar a legitimidade da classificação realizada por meio do índice Kappa com intuito de verificar a acurácia no método de classificação supervisionada;
- (iii) Determinar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) na detecção da cobertura vegetal e da ausência de vegetação nos períodos considerados.

Este trabalho de conclusão de curso é composto por cinco capítulos, sendo eles: O Capítulo 1 apresenta a parte introdutória, na qual descreve-se a importância, a justificativa, a motivação, a contribuição do estudo e os objetivos geral e específicos. No Capítulo 2 é explanado o referencial teórico, que permite verificar o estado do problema a ser pesquisado, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizadas. Os dados e a metodologia utilizada no estudo encontram-se no Capítulo 3. No Capítulo 4 apresenta-se os resultados encontrados, após aplicada a metodologia descrita no capítulo anterior, e as discussões exauridas de acordo com a pertinência dos resultados. E por fim, as considerações finais da pesquisa são mostradas no Capítulo 5.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPACTO AMBIENTAL DA MUDANÇA NO USO DO SOLO

No passado, os efeitos das mudanças no uso e ocupação do solo (do acrônimo em inglês, Land Use and Land Cover Change - LULCC) sobre os recursos hídricos foram em grande parte negligenciado ou considerado um subproduto do avanço (ou seja, "não planejada" [SCANLON *et al.*, 2005]), mas hoje é reconhecido que uma avaliação dos efeitos históricos pode ser usada para entender a situação atual e prever consequências de futuras mudanças do LULC (do acrônimo em inglês, Land Use and Land Cover) sobre os recursos hídricos. (SCHILLING, Keith E. *et al*, 2008).

De Oliveira *et. al* 2016 defenderam que as análises da dinâmica do uso e ocupação do solo colaboram de maneira consistente para o conhecimento aprofundado, e desenvolveram um trabalho que analisou as mudanças do uso da terra na área de drenagem do reservatório Sistema Juramento, através de imagens de satélite da série Landsat. Foi possível, então, analisar que a referida área, ainda apresenta percentual expressivo de vegetação natural. Os resultados do trabalho poderão contribuir na continuidade das pesquisas hidroambientais e na gestão de recursos hídricos da área de estudo, subsidiando projetos e ações de conservação do sistema de abastecimento.

Lopes e Strenzel (2014) identificaram e descreveram o uso e ocupação do solo na APA de Guaibim através de imagem de satélite Repideye obtida em 2009 e tratada em ambiente SIG por meio do software ArcGis 10.1 que foi sobreposta ao arquivo vetorial delimitador da área de estudo. Foi observado, assim, que houve predomínio da área de vegetação (67,22%), seguida pela área agrícola (22,96%) e área industrial (8,02%) no qual vale salientar que a área agrícola se caracteriza pela associação das áreas de pastagens. Ao se tratar da extrapolação realizada da área de estudo a fim de se conhecer o seu entorno, foi observado atividades semelhantes às que já ocorrem na área de proteção e que podem ser fruto da continuidade destas atividades. Desta forma, o mapeamento permitiu identificar a dinâmica de ocupação de forma detalhada contribuindo nas tomadas da referida APA.

Coulter *et al.* (2016) avaliaram uma abordagem inovadora "*dense stacks*" para classificação de imagens com imagens do Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +), mapearam e quantificaram uso e cobertura do solo (LCLU) do sul de Gana no período de 2000 e 2010, as mudanças no uso e cobertura do solo (LCLUC) e a utilidade da abordagem para acompanhar as alterações induzidas pelo homem. O estudo indicou que aproximadamente 26% da área de estudo exibiu mudança LCLU durante o período do estudo, de 2000 a 2010. Os resultados da avaliação indicam precisão de classificação geral eficaz das seis classes LCLU mapeada usando métodos semi-automatizado. Desta forma, as imagens Landsat 7 ETM + e os métodos de classificação de séries temporais desenvolvidos podem ser usados para monitorar novas mudanças LCLU na região e em todo o mundo, particularmente em áreas equatoriais nuvem propensas

2.2 AVALIAÇÕES DE IMPACTOS

A avaliação de impacto é definida por Munn (1975) como uma atividade que visa identificar, prever, interpretar e comunicar informações sobre os efeitos de uma ação sobre a saúde e bem-estar do Homem. Morgan (2012) caracteriza como uma avaliação de ações propostas que serão tomadas decisões sobre as ações e suas implicações em todos os aspectos ambiental, social e biofísico de forma apropriada às questões previstas.

De acordo com Sánchez (2015), o significado e o objetivo da avaliação de impacto ambiental se dão por inúmeras interpretações, na qual o sentido depende da perspectiva, do ponto de vista e do propósito de se avaliar impactos. Concluindo, desta forma, que independente da forma apresentada, sendo como instrumento analítico, como processo ou mesmo como ambos, tem como finalidade proceder possíveis consequências de alguma decisão. Guardando como característica o caráter prévio e o vínculo com o processo de tomada de decisão.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

Entende-se por geotecnologia, segundo Silva (2003), como a arte e a técnica de estudar a superfície da terra e adaptar as informações às necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos. Fazem parte da geotecnologia: o Sensoriamento Remoto, o Processamento Digital de Imagens (PDI), a Geoestatística e os SIG's. Deste modo, o PDI consiste no conjunto de técnicas envolve o tratamento da imagem como um sinal bi-dimensional, no qual são aplicados padrões de processamento de sinal.

Segundo Martins (2015), o sensoriamento remoto (SR) pode ser entendido como um conjunto de técnicas destinadas à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico. Seu início se teve com a invenção da câmara fotográfica no qual foi o primeiro instrumento utilizado para tomada de fotos aéreas e que, ainda, se utiliza nos dias atuais. Uma das primeiras finalidades do SR foi no que se diz respeito ao uso militar e que para que isto ocorresse, foi-se, então, desenvolvida uma câmera leve e com um dispositivo automático e ajustável para as tomadas de fotografias.

A grande revolução do SR aconteceu mesmo no início da década de 1970, com o lançamento dos satélites. Estes necessitam grandes investimentos e muita energia e orbitam em torno da Terra por vários anos e executam um trabalho contínuo de tomadas de imagens da superfície terrestre coletadas por 24 h/dia, durante toda a sua vida útil.

Na verdade, a evolução do SR é fruto de um esforço multidisciplinar que envolveu e, ainda envolve avanços nos ramos da física, da físico-química, da química, biociências e geociências, computação, mecânica entre outros (FIGUEIREDO, 2005). Nos dias atuais o SR é praticamente abastecido por imagens obtidas por meio dos satélites orbitais.

Existem várias séries de satélites de SR em operação, entre eles podemos citar: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD e NOAA. Os satélites das cinco primeiras séries são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres, enquanto que os satélites NOAA fazem parte dos satélites meteorológicos, destinados principalmente aos estudos climáticos e atmosféricos, mas são também utilizados no SR (FIGUEIREDO, 2005).

Uma carta ou mapa consiste na representação convencional ou digital da configuração da superfície terrestre e esta representação incide em se projetar a superfície, com os detalhes nela existentes, sobre um plano horizontal ou em arquivos digitais. Diante deste contexto, a Cartografia vai fornecer um método ou processo que permitirá a representação de um fenômeno, ou de um espaço geográfico, de tal forma que a sua estrutura espacial será visualizada, permitindo que se infira conclusões ou experimentos sobre a representação (KRAAK & ORMELING, 1996).

2.4 SENSORES AMBIENTAIS

O Landsat surgiu no final da década de 60, como parte do Programa de Levantamento de Recursos Terrestres da NASA, em conjunto com outras agências federais dos EUA. O primeiro satélite da série começou a operar em 1972 e a última atualização ocorreu em 2013 com o lançamento do LANDSAT 8. Portanto foram lançados 8 satélites do Programa Landsat desde 1972, sendo que 7 deles forneceram imagens da Terra.

Abaixo se encontra uma adaptação das datas de lançamentos dos satélites Landsat e a sua desativação conforme Silva e Rosa (2012).

- Landsat 1: Lançado em 23/07/1972 – Desativado em 06/01/78
- Landsat 2: Lançado em 22/01/1975 – Desativado em 02/02/82
- Landsat 3: Lançado em 05/03/1978 – Desativado em 31/03/83
- Landsat 4: Lançado em 16/07/1982 – Não imagea, porém não está desativado
- Landsat 5: Lançado em 01/03/1984 – Ativo até o momento
- Landsat 6: Lançado em 05/10/1993 – Perdido após o lançamento
- Landsat 7: Lançado em 15/04/1999 – Ativo normalmente até 31/05/2003, e em modo SLC-OFF depois desta data, com a qualidade das imagens muito prejudicadas
- Landsat 8: Lançado em 11/02/13 – Ativo até o momento

O Landsat 5 tem em sua composição sensores: o sistema de escâner multiespectral (MSS) e o instrumento Thematic Mapper (TM); em 1987 um dos seus sensores (MSS) falhou e em agosto de 1995 foi desligado. O sensor (TM) continua em operação mesmo após 27 anos da sua considerada vida útil. Em 2005 Landsat 5 suspendeu suas operações com problemas no painel solar, mas os engenheiros da NASA foram capazes de conceder outra maneira de aquisição de energia e em 1 de janeiro de 2006 o Landsat 5 retomou as suas operações normais (SILVA & ROSA, 2012)

Os sistemas de sensores são como radiômetros imaginadores, isto é, a informação coletada por eles permite gerar uma imagem. Sendo estes sistemas expressos por quatro domínios de resolução: espectral, espacial, radiométrica e temporal. Na resolução espectral, cada alvo reflete a energia diferente do outro (SILVA & ROSA, 2012).

Já quando se trata de alvos semelhantes, como tipos de vegetação, a diferença no comportamento espectral de dois ou mais tipos de vegetação pode não ser tão marcante a ponto de ser percebida em imagens de satélites (MOREIRA, 2012).

Portanto a resolução espectral se refere à largura da faixa espectral que o sensor opera. No landsat 5 sua resolução espectral oferece subsídios para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais e opera com 7 bandas nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. Já a resolução espacial, diz respeito a menor área imageada por um sensor, temos no Landsat 5 uma resolução de 30 metros. Na resolução radiométrica, em comparação com os satélites antecessores, o Landsat 5 teve um aumento de sua acurácia no armazenamento dos dados de 6 para 8 bits. No que se refere na solução temporal o tempo de revisita a um determinado alvo diminuiu de 18 dias para 16 dias (SILVA& ROSA, 2012).

O sensor TM possui separação espectral adequada ao seu principal propósito, ou seja, oferecer subsídios para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. Continua em atividade e opera com 7 bandas nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. Apresenta melhor resolução espacial, acurácia radiométrica e posicionamento geométrico que seu antecessor, o sensor MSS. Os dados do sensor TM foram utilizados em pesquisas e definições de metodologias em amplas áreas do conhecimento científico e tiveram importância singular para a evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas no sensoriamento remoto mundial.

Tabela 1 - Características do sensor TM.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
TM	1	0,45 - 0,52 μm			
	2	0,50 - 0,60 μm	30 m	16 dias	185 km
	3	0,63 - 0,69 μm			
	4	0,76 - 0,90 μm			
	5	1,55 - 1,75 μm			
	6	10,4 - 12,5 μm	120 m		
	7	2,08 - 2,35 μm	30 m		

Fonte: Divisão e geração de imagens INPE.

As imagens providas dos sensores instalados no satélite Landsat-8 trazem inovações importantes para usuários que demandam de mapeamentos em mesoescala. O sensor espectral OLI (*Operational Land Imager*) e sensor termal TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) apresentam resolução espectral melhor quando comparada as anteriores, e, ainda, o acréscimo de duas bandas espectrais: *a new coastal* (banda 1), projetada para estudos dos recursos hídricos e investigação da zona costeira, e, a banda 9 (um novo canal de infravermelho) para a detecção de nuvens (ALVARENGA & MORAES, 2014).

Outra inovação é a resolução radiométrica (16 bits), uma vez que as imagens dos satélites anteriores possuíam 8 bits. Segundo a USGS (2013) os sensores OLI e TIRS possibilitaram uma maior caracterização de alvos da imagem contribuindo para a diminuição do efeito de sombras (ALVARENGA & MORAES, 2014).

Alvarenga e Moraes (2014) explicam, por fim, que em relação à acurácia geométrica das imagens captadas pelo Landsat-8, ocorre pelos sensores Pushbroom ao invés dos sensores Whiskbroom, utilizados anteriormente. Os sensores Pushbroom possuem um menor basculamento do satélite devido a organização dos detectores característicos desse tipo de sensor Meneses (2012). Este menor basculamento possibilita uma diminuição no erro de posicionamento, no qual passa para valores na casa dos 12 metros para o sensor OLI destaca NASA (2013) e anteriormente era da ordem de 60 a 80 metros. E as cenas do satélite Landsat-8, todas as imagens são ortorretificadas, porém, de acordo com a disponibilidade de dados para a área e consiste na aquisição de Pontos de Controle a partir das bases de dados disponíveis pelo projeto Global Land Surveys 2000.

Tabela 2 - Descrição das bandas do sensor OLI com os correspondentes intervalos de faixa espectral (comprimento de onda) e resolução espacial

Banda	L8/OLI	
	Sensibilidade Espectral (μm)	Resolução (m)
1 (ultra azul)	0.43 – 0.45	30
2 (visível azul)	0.45 – 0.51	30
3 (visível verde)	0.53 – 0.59	30
4 (visível vermelho)	0.64 – 0.67	30
5 (infravermelho próximo)	0.85 – 0.88	30
6 (SWIR 1)	1.57 – 1.65	30
7 (SWIR 2)	2.11 – 2.29	30
8 (pancromático)	0.50 – 0.68	15
9 (cirrus)	1.36 – 1.38	30
10 (termal infravermelho 1)	10.60 – 11.19	100*

* Adquiridos com resolução de 100 metros, mas os produtos são redefinidos a 30 metros. (Fonte: USGS, 2016c).

2.5 GEOPROCESSAMENTO E *SOFTWARE LIVRE*

Uchoa e Ferreira (2004) comentam que a área de Geotecnologias esteve domada por soluções de elevado custo e formatos proprietários, durante vários anos e dois recentes movimentos modificaram este quadro dando novas opções, principalmente para os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os movimentos são: a criação do consórcio internacional Open Geospatial (OGC - *Open Geospatial Consortium*) e a revolução do software livre (*Free Software Foundation*). A revolução do software livre fez inúmeros projetos nascerem a partir do espírito colaborador de uma crescente comunidade mundial.

O *Software Livre* é um programa, como qualquer outro, que tem a mesma finalidade, ou seja, é direcionado para atender uma determinada demanda. E o que realmente o faz tão diferente se dá pelo tipo de licença associada ao *software* (UCHOA & FERREIRA, 2004). A licença deve garantir, segundo a Fundação *Software Livre* (*Free Software Foundation*), quatro liberdades:

- A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
- A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades. Acesso ao código-fonte é pré-requisito para esta liberdade;
- A liberdade de redistribuir cópias, permitindo a ajuda ao próximo;
- A liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade.

A ideia do acesso de tecnologias livres é difundida de maneira exponencial para muitas pessoas e se torna mais simples de ser entendida, tendo em vista que os usuários também se tornam desenvolvedores capazes de adaptar o programa computacional para deixá-lo mais dinâmico às suas necessidades (ALCÂNTARA; VALDEVINO; SÁ, 2009).

Modesto (2003) destaca que “o programa computacional livre não é sinônimo de gratuidade, mas de liberdade. Liberdade para os usuários copiarem, executarem, estudarem e modificarem os programas num espiral ascendente de inovações tecnológicas, baseada na cooperação e na livre circulação de conhecimentos técnicos”.

2.6 PDI E MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A classificação de imagens é um processo de extração de informações de imagens para se reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em SR para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (CÂMARA *et al.*, 1996).

Ainda segundo Câmara *et al.* (1996), a informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, na qual cada "pixel" tem coordenadas espaciais x , y e uma espectral L , que representa a radiância do alvo em todas as bandas espectrais. O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo atributos espectrais. Os classificadores podem ser divididos em classificadores "pixel a pixel" que utilizam apenas a informação espectral de cada pixel para achar regiões homogêneas. Estes classificadores podem ser separados em métodos estatísticos (utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (não utilizam probabilidade).

A máxima verossimilhança (MAXVER) encontra-se como uma das técnicas de classificação multiespectral "pixel a pixel" mais comuns e se refere ao método de classificação considerando a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes e utilizando parâmetros estatísticos. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento (CÂMARA *et al.*, 1996).

El-Kawy, OR Abd, *et al.* (2011) aplicaram o método da classificação supervisionada em quatro imagens Landsat recolhidos ao longo do tempo (1984, 1999, 2005 e 2009) que forneceu condições recentes e históricas do uso da terra e cobertura da terra (LULC) para o delta do Nilo ocidental. Os resultados da classificação supervisionadas foram melhorados através do emprego de melhoria de imagem e interpretação visual. Cinco categorias LULC foram identificadas e mapeadas. As comparações de pós-classificação das imagens classificadas indicaram que a principal mudança consistiu em terra estéril transformando-se em terras agrícolas. Contudo, foi observada evidência de processos de degradação do solo. Com base nas causas identificadas dessas mudanças, foram feitas recomendações de políticas para uma melhor gestão dos LULC.

O índice de vegetação da diferença normatizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) é obtido através da diferença da reflectância das faixas de infravermelho próximo (NIR) e da faixa do visível (VIS) e posteriormente é normatizada pela divisão da soma das mesmas faixas, no qual foi proposto por Rouse *et al.* (1973) (LIU, 2015). Alvarenga e Moraes (2014) observa que o NDVI é um indicador da condição e da proporção da vegetação verde que é bastante utilizado no sensoriamento remoto e em pesquisas de cunho ambiental, permitindo, assim, analisar a cobertura vegetal de uma região.

ALMEIDA, *et al.* (2011) construíram um gráfico para o uso e ocupação do solo no município de Ba-Jeremobo a partir dos processamentos das imagens de satélite do sensor TM (Thematic Mapper) Landsat 5. Para a classificação supervisionada, foi utilizado o algoritmo da máxima verossimilhança e obtiveram a carta imagem de uso e cobertura do solo do município de Jeremoabo. A pesquisa aprontou grande eficiência para a identificação das classes de uso do solo e, conseqüentemente, permitiu perceber a relação do homem com seu meio ambiente.

CAPÍTULO 3

DADOS E METODOLOGIA

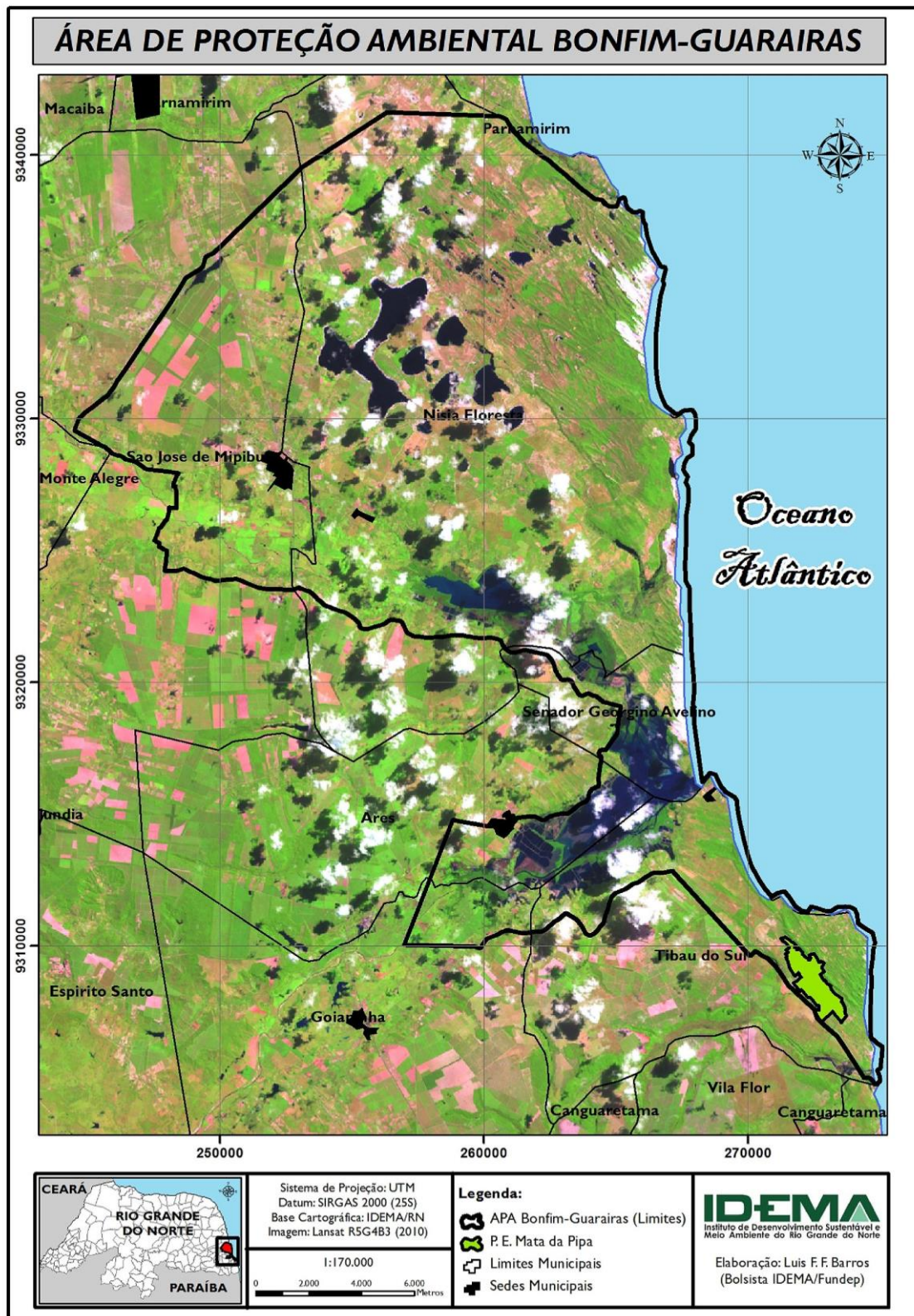
3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Área de Proteção Ambiental (APA) Bonfim-Guarairas foi criada por meio do Decreto Estadual N° 14.369 de 22 de março de 1999, com o objetivo de proteger os ecossistemas de dunas, mata atlântica, manguezais, praias, rios e lagoas, além de espécies vegetais e animais presentes nos municípios de Tibau do Sul, Goianinha, Arês, Senador Georgino Avelino, Nísia Floresta e São José de Mipibu, no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte (IDEMA, 2014).

No interior da APA Bonfim-Guarairas existem outras três Unidades de Conservação oficialmente criadas, a saber: (i) Floresta Nacional de Nísia Floresta (UC Federal); (ii) Parque Estadual Mata da Pipa (UC Estadual) e (iii) Reserva Faunística de Tibau do Sul – REFAUTS (UC Municipal). No interior da APA Bonfim-Guarairas há também um posto avançado da reserva da biosfera da Mata Atlântica, representado pelo Santuário Ecológico de Pipa, no município de Tibau do Sul/RN (IDEMA, 2014).

Com uma área superior a 42 mil hectares (Figura 1), a APA Bonfim-Guarairas configura-se como a maior Unidade Estadual de Conservação em área emersa do estado do Rio Grande do Norte, assegurando a preservação ambiental de uma extensa área de tabuleiros, dunas, dezenas de lagoas, bem como o importante Complexo Lagunar de Bonfim e Papeba-Guarairas, região com intensa atividade turística e presença do cultivo de camarão (IDEMA, 2014). A fiscalização e supervisão da APA é realizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) ou por órgão equivalente no âmbito estadual ou municipal.

Figura 1 - Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guarairas e sua localização no estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: IDEMA (2010).

A APA Bonfim-Guarairas tem um Conselho Gestor, o qual foi instituído por meio do Decreto Estadual N° 22.988 de 18 de setembro de 2012. Este colegiado é composto por 24 instituições, incluindo o setor público federal (Superintendência do Patrimônio da União no Estado do Rio Grande do Norte - SPU e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA); setor público estadual (Secretaria de Estado da Agricultura, da Pecuária e da Pesca - SAPE; Secretaria de Turismo do RN - SETUR; IDEMA e Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte - IGARN); poderes executivos municipais e poderes legislativos municipais, setor produtivo com atuação na área da Unidade e ainda entidades representativas da sociedade civil como associações de moradores e sindicatos (IDEMA, 2014).

Em 2013 foi contratada a empresa IBI Engenharia Consultiva S/S para elaboração do Plano de Manejo e Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da Unidade de Conservação (IDEMA, 2014). O manejo de uma Unidade de Conservação implica em elaborar e compreender o conjunto de ações necessárias para a gestão e uso sustentável dos recursos naturais em qualquer atividade no interior e em áreas do entorno dela de modo a conciliar, de maneira adequada e em espaços apropriados, os diferentes tipos de usos com a conservação da biodiversidade (ICMBio, 2016).

Segundo o documento *Perfil do Seu Município 2013*, elaborado pelo IDEMA em conjunto com alguns outros órgãos, pode-se obter informações de aspectos geológicos e geomorfológicos a respeito da APA na qual está inserida na área de abrangência do Grupo Barreiras, com Idade do Terciário. As rochas do Grupo Barreiras estão recobertas localmente por extensas coberturas arenosas colúviais e aluviais indiferenciadas (Paleocascalheiras) que formam solos altamente permeáveis e lixiviados. Próximo ao litoral e recobrimdo toda a sequência estão as Paleodunas ou Dunas fixas com Idade Quaternário, que foram transportadas pela ação dos ventos (eólica), formando cordões, atualmente fixados por vegetação. Acompanhando a faixa litorânea estão depositados os sedimentos areno-quartzosos, denominados de Depósitos de Praias. Também de origem marinha transportada pelos ventos que compõem as dunas móveis (Dunas recentes).

O sistema hídrico superficial do território da APA tem como principais afluentes de água doce os rios Trairí e Araraí, que abastecem a laguna de Papari, a qual se comunica com a de Papeba por intermédio de um canal artificial, conhecido como Boqueirão com 2,5 km de comprimento. Por sua vez, Papeba se une a Guaraíra por meio do canal

superficial de Surubajá, com 1,5 km de extensão. Essa última laguna citada comunica-se com o mar através da Barra do Tibau, com aproximadamente 500 m de largura (IDEMA, 2004).

A APA Bonfim-Guaraíra se caracteriza por apresentar importantes atividades econômicas desenvolvidas em seu território, como por exemplo: a agricultura irrigada centrada na monocultura da cana-de-açúcar para suprimento do setor sucroalcooleiro; a carcinicultura desenvolvida em larga escala no estuário Nísia-Floresta-Papeba-Guaraíra; a pesca estuarina, praticada de forma artesanal; o turismo centrado, principalmente, na região litorânea dos municípios de Nísia Floresta e Tibau do Sul e o mercado imobiliário desenvolvido em associação com o turismo (SEMARH, 2014).

Os recursos naturais desta unidade de conservação encontram-se bastante comprometidos pela ação antrópica, requerendo a implantação de uma política de gestão ambiental e territorial, visto que se trata de uma área com grande potencial natural, ambiental econômico e paisagístico (SEMARH, 2014).

3.2 DADOS

As imagens de satélite LANDSAT 5 TM (*Thematic Mapper*) trabalhadas foram obtidas, gratuitamente, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em que para tal realizou-se um cadastro no site que possibilitou o acesso ao catálogo de imagens, e no site do *United States Geological Survey (USGS) EarthExplorer*, que consiste em uma ferramenta que oferece aos usuários a capacidade de consultar, pesquisar imagens de satélite, fotografias aéreas e produtos cartográficos. Além dos dados das missões Landsat e uma variedade de outros provedores de dados.

No estudo foram selecionadas duas imagens dentro de um período de 32 anos, dada a disponibilidade de imagens compatíveis com a baixa cobertura de nuvens, a facilidade de manuseio das mesmas devido a sua qualidade de resolução. A primeira, referente ao dia 26 de setembro de 1984 e a segunda, ao dia 09 de novembro de 2016. Para selecionar as imagens foram necessários preencher alguns parâmetros básicos como o tipo de satélite, a cobertura máxima de nuvens e intervalos de tempo. As imagens passaram por uma análise visual, em que a razão determinante foram imagens que apresentassem menor quantidade de nuvens e cores mais vivas.

Para o ano de 1984, a imagem selecionada foi provinda do satélite Landsat 5 TM e enquanto que a imagem do ano de 2016 teve origem do satélite Landsat 8 OLI/TIRS.

3.3 METODOLOGIA

Neste estudo, a partir das imagens do Landsat, utilizou-se o Processamento Digital de Imagens (PDI), sendo este um conjunto de técnicas que envolve o tratamento da imagem de satélite como um sinal bi-dimensional, no qual são aplicados padrões de processamento de sinal, por intermédio do *software* QGIS 2.16.1 Nødebo, ambientado em um Sistema de Informações Geo-referenciadas (SIG's) e dotado de uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferecendo, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico (TOSTA & SEYDEL, 2012).

Determinado o *software*, foi-se, então, necessária a instalação de um complemento desenvolvido para o QGIS, que possibilita a classificação pixel a pixel semi-automática ou supervisionada de imagens, o *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*. Este, permite-se realizar o pré-processamento das imagens, assim como também o pós-processamento de classificações e álgebras de mapas. Com o SCP foram criadas as áreas amostrais de forma rápida, denominadas, estas, de *Regions of Interest (ROI)* que são salvas em formato *shape*.

O estudo, então, apresenta a classificação supervisionada de imagens Landsat, com a finalidade de categorizar a cobertura do solo da área de estudo, e a sua evolução histórica do uso e ocupação do solo na APA Bonfim-Guarairas. O cálculo do NDVI se obteve a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo e da banda do visível – vermelho e posteriormente sendo dividida pela soma das reflectâncias das mesmas duas bandas. Para as imagens do Landsat 5 TM utiliza-se as bandas 4 referente ao infravermelho próximo e a banda 3 para o visível vermelho, enquanto que para o Landsat 8 OLI/TIRS, utiliza-se as bandas 5 e 4, respectivamente.

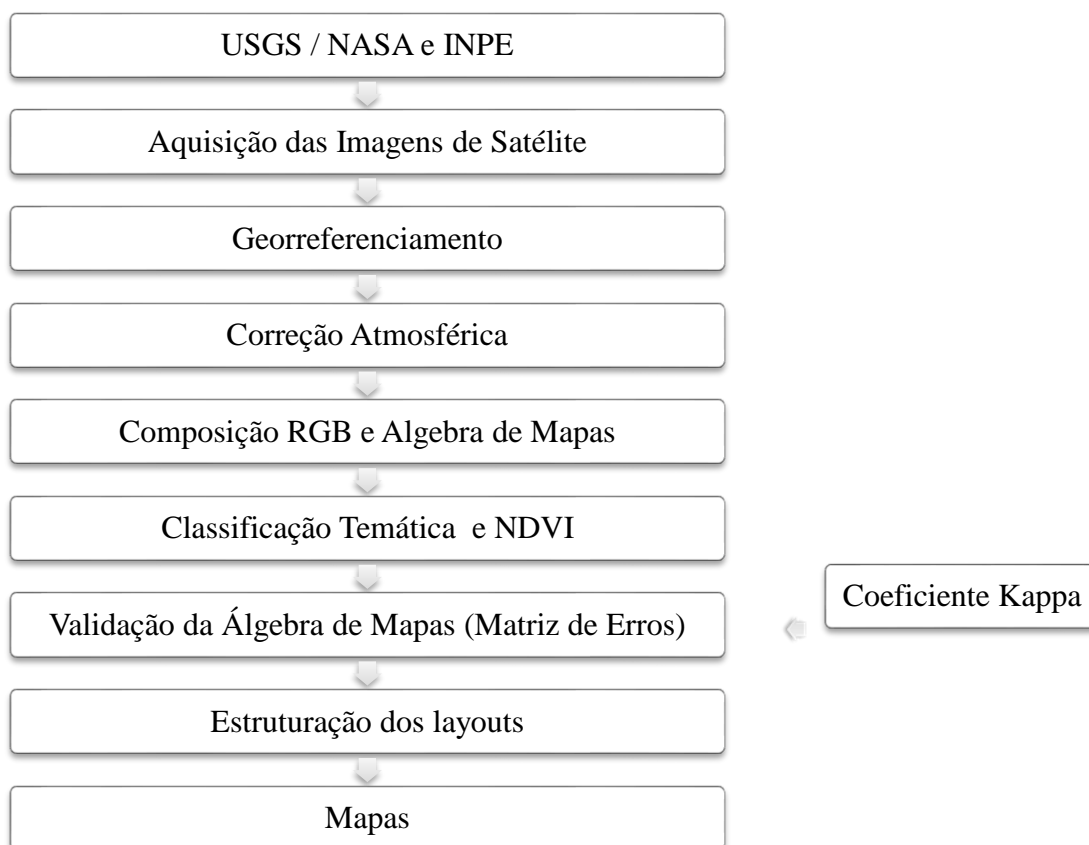
Para se verificar a acurácia de precisão do tratamento realizado, será estimada considerando o índice Kappa, uma medida de verificação importante associada à matriz de erro, gerada pelo *plugin*, que considera todos os elementos da matriz e não apenas aqueles que se situam na diagonal principal. Para efeitos práticos, inicialmente, as imagens Landsat foram ajustadas para a reflectância de superfície, assim como a

realização da correção atmosférica antes do início dos processos. Posteriormente, as camadas *rasters* foram recortadas para a área de interesse, otimizando processos futuros.

A área de interesse do estudo teve como *shape* vetorial, com a delimitação da área de proteção, disponibilizado pelo portal do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA). Em continuidade, foi criada um *band set*, consistindo em uma única imagem com todas as bandas da imagem de satélite de Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI/TIRS, que, assim, traz certas facilidades. Dentre estas, a possibilidade de compor a imagem por meio de diferentes combinações de bandas e sendo, esta, a última etapa do pré-processamento da imagem.

A primeira etapa da classificação consiste em definir categorias de interesse por meio da seleção de amostras. Foram criadas regiões vinculados a 4 macro classes e classes iguais, sendo: água e sombra, solo exposto, vegetação esparsa e vegetação densa.

Figura 2 – Fluxograma simplificado da metodologia



(Fonte: Adaptado de Alvarenga, 2014).

Para esta classificação foi adotado o método de Máxima Verossimilhança (MAXVER) para o qual o valor do limiar deve ser no mínimo 100. A MAXVER é um método de classificação supervisionado mais comumente utilizado e este procedimento, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes e o pixel, utilizando parâmetros estatísticos, isto é, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe (CÂMARA *et al.*, 1996).

Em seguida, dando início ao pós-processamento, se fez necessária a criação do *shapefile*, que conteve amostras selecionadas aleatoriamente por meio da ferramenta *Multiple ROI creation*, selecionando amostras aleatórias com fins de estimativa da acurácia da classificação. Foram feitas, ainda, combinações de parâmetros para a criação randômica de amostras, e posteriormente gerou-se a matriz de confusão para estimativa da acurácia.

Por fim, então, calculou-se o coeficiente Kappa que, assim como a acurácia geral, quantifica a concordância entre a escolha de amostras realizadas pelo observador e a escolha feita de forma aleatória, incluindo neste cálculo um fator que subtrai a interferência do acaso. Podendo ser avaliada pela Tabela 3, desenvolvida por Landis e Koch (1977), que associa a um determinado intervalo de valores Kappa um grau de qualidade do mapa temático.

Tabela 3 - Associação do intervalo de valores Kappa um grau de qualidade do mapa temático.

Índice Kappa	Qualidade do mapa temático
<0,00	Péssima
0,00 ~ 0,20	Ruim
0,20 ~ 0,40	Razoável
0,40 ~ 0,60	Boa
0,60 ~ 0,80	Muito boa
0,80 ~ 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MAPEAMENTO TEMÁTICO E ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DAS CLASSES

A Figura 3 apresenta a classificação do uso e ocupação do solo da APA Bonfim Guraraíras referente aos anos de 1984 e 2016. No que tange ao ano de 1984 pode-se observar a grande presença de vegetação densa e da vegetação esparsa referente à agricultura, grande potencial econômico e expressamente dominante neste período. Nota-se, ainda, a presença de uma vasta cobertura de dunas durante, praticamente, todo o perímetro da costa da região. Para o ano de 2016, pode-se observar, também, uma grande presença de vegetação densa e da vegetação esparsa, a agricultura. Contudo, observa-se uma maior presença de solo exposto na área ocidental da unidade de conservação e uma diminuição da cobertura de dunas no perímetro da costa da região.

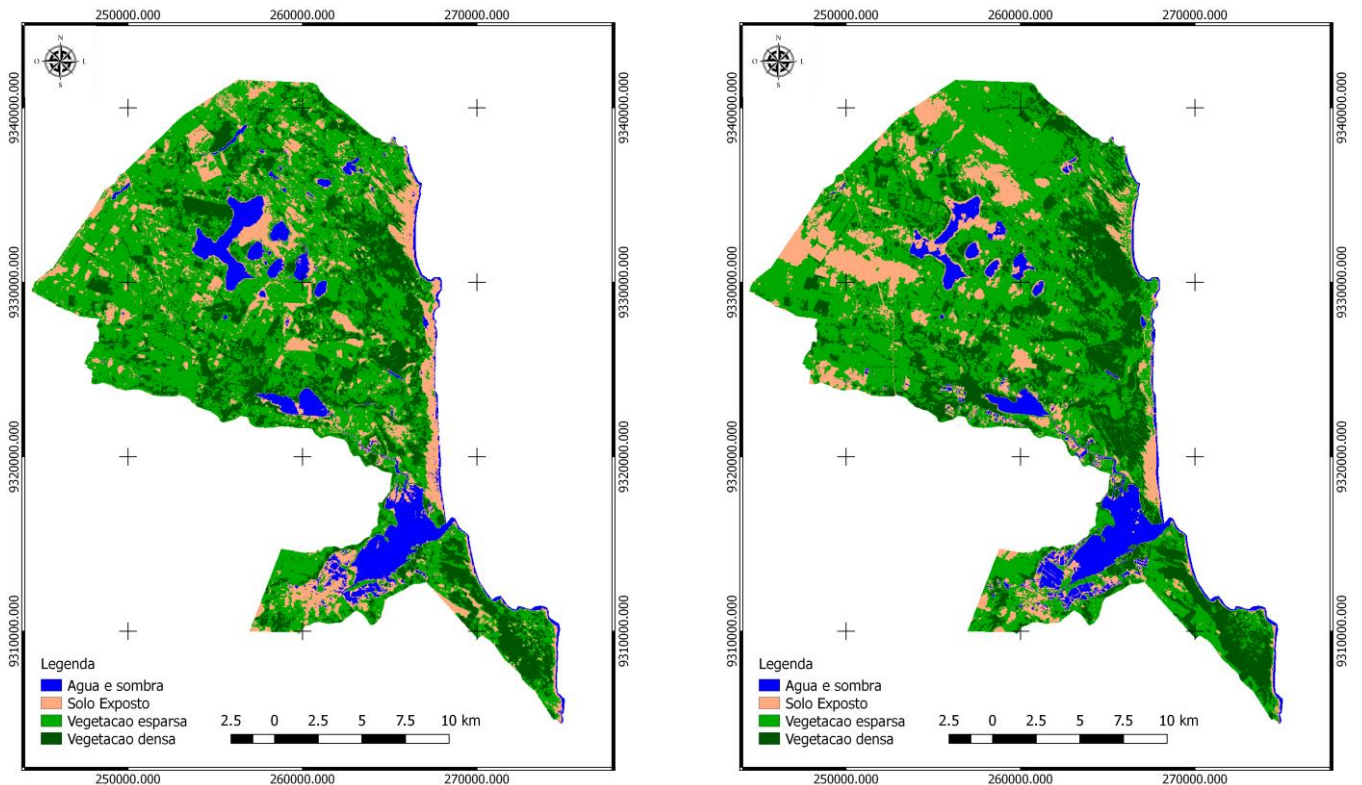
Se faz necessário ressaltar que a configuração de solo exposto ocorre de forma transitória, acontecendo nos períodos de entressafra, de preparo do solo para o plantio de culturas e no deslocar das dunas móveis. Contudo, a análise da Figura 3 mostra que as regiões com predomínio de solo exposto, em 2016, eram predominantemente ocupadas por vegetação esparsa, enquanto que, em 1984, as regiões com predomínio de vegetação esparsa 2016 eram predominantemente ocupadas por vegetação densa em 1984. Vale salientar que, a imagem do ano mais recente possui uma considerável presença de nuvens na parte nordeste da imagem, desta forma é possível fazer confusão com a categoria de solo exposto.

Fato preocupante, pois pode-se inferir que na APA estão sendo desenvolvidas atividades nas quais degradam o solo e destroem a vegetação local a fim de se realizar atividades econômicas de maneira descontrolada, mostrando não possuir um monitoramento para a área.

A região mais ao sul, próximo ao estuário, apresentou um aumento da classe de cobertura por água. Isto se deu devido as atividades antrópicas por produção de carcinicultura, que estima um crescimento médio populacional, para o ano de 2016, de em torno de 13% dos municípios inseridos na APA totalizando de 114724 habitantes para 128435 habitantes, conforme IBGE no censo de 2010. Essas atividades se instalaram por

regiões próximas aos rios e estuários fazendo com que gere, segundo Tancredo *et al.* (2011), conflitos como a poluição hídrica, salinização dos lençóis freáticos, a destruição de manguezais, os riscos da introdução de espécies exóticas e difusão de epidemias.

Figura 3 - Mapas temáticos do uso e ocupação da terra da APA Bonfim Guraraíras referentes aos anos de 1984 e 2016, respectivamente.



A Figura 4 mostra os índices de vegetação demonstrados em classes NDVI que apresentou as características de acordo com Liu (2006) com os valores variando de -1 a +1 a partir da padronização feita no estudo por banda simples de falsa cor, no qual os valores negativos correspondem às áreas de corpos d'água e sombra; os valores próximos a zero, às áreas de solo exposto; e os valores próximos a +1, à vegetação.

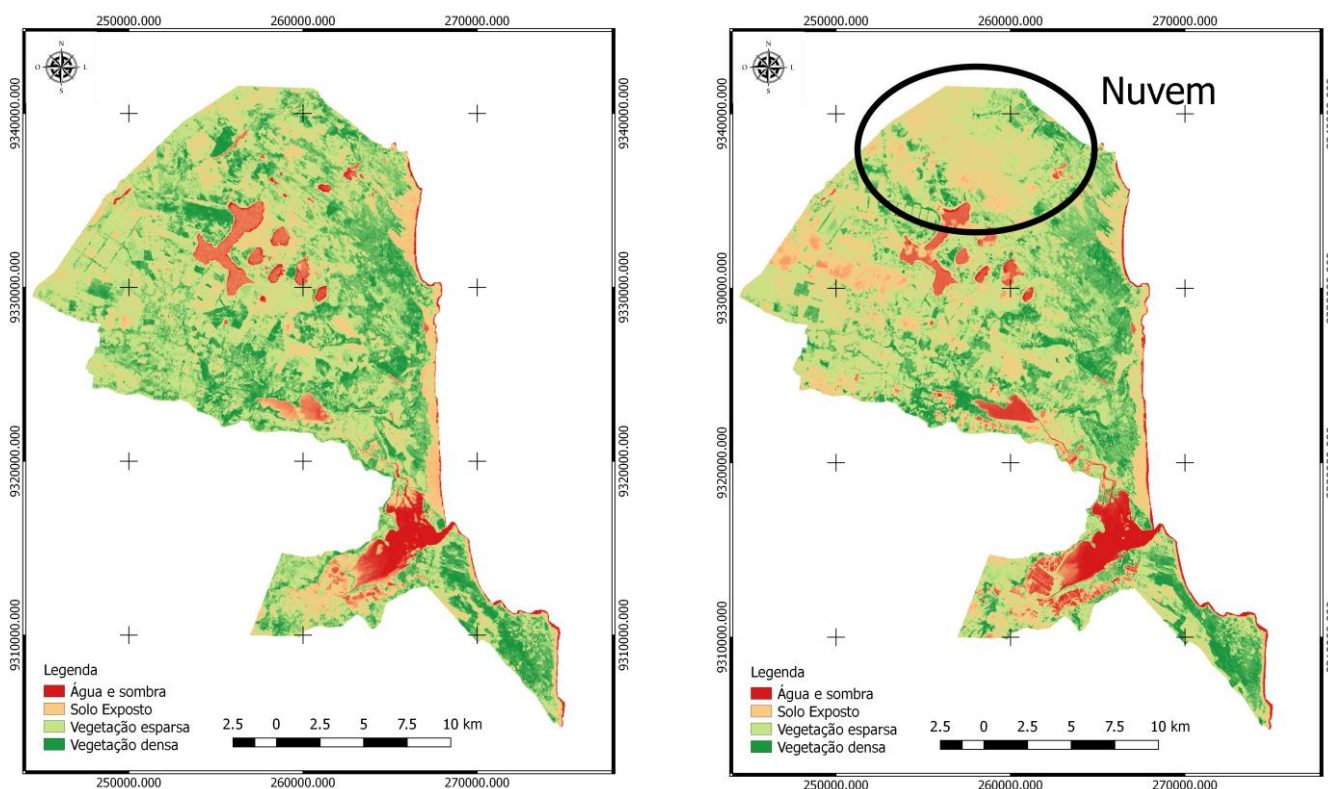
As respostas dos resultados obtidos pelas imagens NDVI, em questão, são bastante eficientes na distinção das classes de solo com a cobertura vegetal e solo exposto. Como também apresentado em Demarchi(2011), o índice demonstrou eficiência para medir o vigor vegetativo mesmo que a quase totalidade da área da APA ficando concentrado entre os valores -0,35 e 0,65, contribuindo para homogeneizar os tipos de vegetação com diferentes respostas espectrais.

É válido ressaltar que nas áreas onde houve acréscimo, no NDVI, se configura uma mudança no uso da terra e, conseqüentemente, na refletância do local. Outra consideração se dá sobre o tamanho da área. As áreas muito extensas e com usos múltiplos teria várias explicações sobre a variação do NDVI. Uma delas seria que a área com cultivo, dependendo da época pode apresentar índice próximo a zero devido ao preparo do solo.

Ainda é importante salientar que as imagens foram escolhidas da mesma estação do ano, a primavera. Esta, se configura com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) - região que se caracteriza pela convergência dos ventos de alísios de nordeste e sudeste - possuindo uma movimentação norte-sul ao longo do ano. O deslocamento anual da ZCIT tem em torno de um período de um ano, conseguindo sua posição mais ao norte (8 N) durante o verão do Hemisfério Norte, e uma posição mais ao sul (1 N) durante o mês de abril (HASTENRATH E HELLER, 1977; CITEAU *et al*, 1988a e 1988b e INPE, 2014)

Encontrando-se, de tal modo, mais afastada do hemisfério sul e com o ramo descendente austral inibindo a precipitação e apresentando índices pluviométricos em menores valores, sendo maiores apenas no primeiro semestre do ano. Contudo, as brisas marítimas são fortes influenciadoras para a precipitação e também a convergência (encontro) entre a brisa terrestre com os ventos alísios de sudeste (REBOITA *et al.*, 2012). E desta maneira, a chuva pode intervir na qualidade da imagem dito que influencia diretamente na refletância do solo.

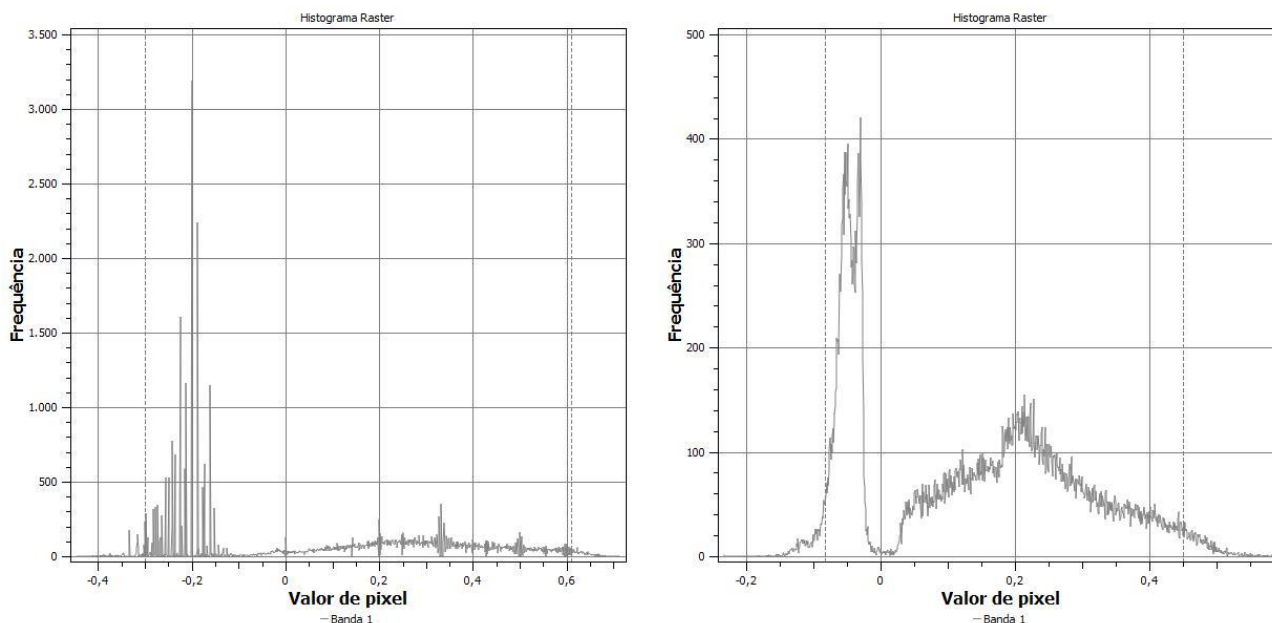
Figura 4 – Índices de vegetação por diferença normalizada da APA Bonfim Guraraíras referente aos anos de 1984 e 2016, respectivamente.



A Figura 5 apresenta o histograma dos índices de vegetação por diferença normalizada da APA Bonfim Guararáras referente aos anos de 1984 e 2016. Nesta, nota-se que a maior faixa de valores de pixel é encontrada no ano de 1984, uma vez que a presença da vegetação densa se encontra em maior predominância, ao se comparar as duas imagens. Este tipo de vegetação apresenta os valores de NDVI mais positivos dado que a cobertura do solo é maior, mantendo, assim, uma maior umidade no solo mesmo em épocas de estiagem. Enquanto as áreas com valores de NDVI menores, ocorrem com cobertura de vegetação esparsa, que são plantas de menor porte e menor resistência ao stress hídrico, e solo exposto.

Desta maneira, a imagem provinda do ano de 1984 apresenta uma melhor distribuição das escalas de cinza, uma vez que apresentou uma melhor classificação dos tipos de classes de cobertura de solo. Sendo assim, já se era esperada uma melhor divisão dos níveis de pixels, dada a presença de uma melhor cobertura vegetal presente nesse ano enquanto que para o ano de 2016 era esperada uma distribuição de menor faixa, como ocorrido.

Figura 5 – Histograma dos índices de vegetação por diferença normalizada da APA Bonfim Guarairás referente aos anos de 1984 e 2016, respectivamente.



4.2 ESTIMATIVA DA ACURÁCIA

As Tabelas 4 e 5 apresentam as matrizes de confusão das classes definidas na aquisição de amostras dos anos de 1984 e 2016, respectivamente. As matrizes apresentam, assim, as distribuições de porcentagem de pixels classificados correta e erroneamente. Como resultado, observa-se que a classificação é considerada excelente para todas as classes quando são avaliadas individualmente. Encontrando, ainda, as inconsistências de mistura na realização da classificação entre classes, explicando o porquê que a classificação não obteve valor máximo que se deu devido aos pequenos erros encontrados entre classes.

Tabela 4 - Matriz de confusão das classes definidas na aquisição de amostras do ano de 1984.

V Classification	1.0	2.0	3.0	4.0	Total
1.0	6487	33	0	0	6520
2.0	299	4544	0	0	4843
3.0	0	0	1509	0	1509
4.0	0	0	0	3304	3304
Total	6786	4577	1509	3304	16176

Tabela 5 - Matriz de confusão das classes definidas na aquisição de amostras do ano de 2016.

V Classification	1.0	2.0	3.0	4.0	Total
1.0	9975	0	0	0	9975
2.0	2	2615	335	0	2952
3.0	0	0	6778	0	6778
4.0	0	0	0	3082	3082
Total	9977	2615	7113	3082	22787

Para o ano de 1984, a confusão ocorreu entre as classes 1 e 2 sendo quantificado em 2,92% do total destas duas, não apresentando, assim, grande relevância para o estudo. Enquanto que para 2016, a confusão ocorreu entre as classes 2 e 3 sendo quantificado em 3,44% do total destas duas, não apresentando, também, grande relevância para o estudo. As Tabelas 6 e 7 apresentam distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por cada classe definidas para os anos de 1984 e 2014, respectivamente.

Tabela 6 - Distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por cada classe do ano de 1984.

Class	Producer accuracy [%]	User accuracy [%]	Indice Kappa
1	95,59	99,49	0,99
2	99,28	93,83	0,91
3	100,00	100,00	1,00
4	100,00	100,00	1,00

Tabela 7 - Distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por cada classe do ano de 2016.

Class	Producer accuracy [%]	User accuracy [%]	Indice Kappa
1	99,98	100,00	1,00
2	100,00	88,58	0,87
3	95,29	100,00	1,00
4	100,00	100,00	1,00

Nas imagens de 1984 e 2016, todas as classes apresentaram índice Kappa acima de 0,80 e, portanto, são consideradas excelente. Legitimando a classificação dos mapas temáticos obtidos mesmo quando analisados classe a classe. Isso se deu devido a boa resolução espacial das imagens utilizadas, não sendo este um fator limitante no mapeamento.

Ademais, para os anos de 1984 e 1994, é visto que as classificações com valores 0,97 e 0,98, respectivamente, de índice Kappa são consideradas excelentes quando se

avaliadas pela Tabela 2, desenvolvida por Landis e Koch (1977), e associar com o intervalo de 0,80~1,00 de valor Kappa com o grau de qualidade do mapa temático.

Tabela 8 - Valores da acurácia total e índice Kappa geral do ano de 1984.

Overall accuracy [%]	Kappa hat classification
97,95	0,97

Tabela 9 - Valores da acurácia total e índice Kappa geral do ano de 2016.

Overall accuracy [%]	Kappa hat classification
98,52	0,98

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Com a classificação supervisionada de imagens Landsat foi possível categorizar a cobertura do uso e ocupação do solo obtendo como resposta 4 tipos de classes: água e sombra, solo exposto, vegetação esparsa e vegetação densa. Sendo possível legitimar as classificações realizadas por meio do índice Kappa. E, ainda, constatar a grande devastação das áreas verdes com o decorrer dos anos na qual apresentou uma variação da vegetação densa para vegetação esparsa e esta, para solo exposto. Configurando, uma diminuição na biomassa dado que as alterações no índice são influenciadas pela mudança no uso das terras.

Com o cálculo do NDVI foi possível dividir o terreno em zonas que partilham características semelhantes quanto ao uso do solo e, assim, permitirá assim aplicar corretivos de forma pontual, ao invés da aplicação na totalidade da APA.

Adverte-se que no trabalho ocorreram classificações ditas como macroclasses. E, por isto, se faz como proposta para trabalhos futuros o desenvolvimento de classificações mais detalhando, no qual posasse diferenciar os tipos de vegetação. Ainda, fica como sugestão o desenvolvimento de um trabalho evolutivo trabalhando-se com mais imagens e de preferência dos anos da década de 1990 e 2000, para que se tenha um entendimento mais realístico de como ocorreu a evolução encontrada na APA e, por fim, se faz preciso visitas ao local para a constatação dos dados obtidos.

Ademais, a pesquisa realizada tem, além da importância acadêmica, fonte de pesquisa para a academia, o intuito de informar e conscientizar as pessoas da necessidade de um monitoramento eficaz dentro de uma unidade de conservação. A investigação relatou as transformações ocorridas na localidade dado o avanço temporal de 32 anos no qual já é preocupante. É esperado, assim, que ela seja um ponto de partida para ter-se mais atenção na APA Bonfim-Guaráiras por parte de todos, de modo a propiciar uma adequação das atividades desenvolvidas a fim de serem menos degradadoras e de forma consciente.

REFERÊNCIAS

_____. Perfil do seu município – Nísia Floresta. Natal, RN. 2013.

ALCÂNTARA, L. A. VALDEVINO, D. S. SA, L. A. C. M. Análise de Programas Computacionais Livres para disponibilização de mapas na Internet. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal-RN. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009. p. 4937-4992.

ALMEIDA, A. S., SANTOS, R. L., CHAVES, J. M. Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo no Município de Jeremoabo-Ba: Uso do Algoritmo Máxima Verossimilhança (Maxver). Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, PR, v. 30, p. 7255-7262, 2011.

ALVARENGA, A. S., MORAES, M. F. Utilização de imagens LANDSAT – 8 para caracterização da cobertura vegetal, 2014. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>>. Acesso em: 16 de set. 2016.

ARAÚJO, I. S., CUNHA, J. P. M. da., LIMA, Z. M. C. Impactos Ambientais e o Geoprocessamento. In: VII Seminário Latino Americano de Geografia Física e III Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2012, Manaus. Revista Geonorte. Manaus: UFAM, 2012. v. 1. p. 1539-1547.

BAPTISTA, A. C., CALIJURI, M. L. Caracterização espaço-temporal por sensoriamento remoto da expansão urbana na APA Petrópolis. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais do 13º simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, 21 a 26 de abr., 2007. São José dos Campos, SP: INPE, 2007., 2007. p. 5091-5098.

BISPO, T. C.; LEVINO, N. de A., Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. Xxxi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.1-12, out. 2011.

BOLFE, E. L., PEREIRA, R. S., MADRUGA, R. de A., FONSECA, E. L. de. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 28, n.1, p. 85-90, 2004.

BRASIL. Decreto nº 14.369, de 22 de março de 1999. Cria a Área de Proteção Ambiental (APA) Bonfim/Guaraíra nos Municípios de Nísia Floresta, São José do Mipibú, Senador Georgino Avelino, Goianinha, Arês, Tibau do Sul, e dá outras providências. Palácio Potengi, em Natal, RN, 22 de março de 1999.

BRASIL. Decreto nº 22.988, de 18 de setembro de 2012. Institui o conselho gestor da Área de Proteção Ambiental (APA) Bonfim-Guaraíra, criada pelo decreto estadual nº 14.369, de 22 de março de 1999. Palácio de Despachos de Lagoa Nova, em Natal, RN, 18 de setembro de 2012, 191º da Independência e 124º da República.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 18 de julho de 2000; 179º da Independência e 112º da República..

CÂMARA, G., SOUZA, R. C. M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CARLOS, A. A. G. Avaliação dos Benefícios à População de Comunidades Rurais abastecidas por Sistema Adutor: um estudo de caso. Rio de Janeiro, FIOCRUZ/ENSP, 2004.

CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. Position de la Zone de Convergence a 28 N et température de surface de l'océan. *Veille Climatique Satellitaire*, sv(21):3-7, 1988a.

CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area. *Ocean-Atmosphere Newsletter*, sv(45):1-3, 1988b.

COULTER, L. L., STOW, D. A., TSAI, Y. H., IBANEZ, N., SHIH, H. C., KERR, A., BENZA, M., WEEKS, J. R., MENSAH, F. Classification and assessment of land cover and land use change in southern Ghana using dense stacks of Landsat 7 ETM+ imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 184, p. 396-409, 2016.

DE OLIVEIRA, W. F., SÁ, R. A., LEITE, M. E. Dinâmica do uso e ocupação do solo na área de drenagem do reservatório de abastecimento do sistema juramento/mg. *Caminhos de Geografia*, v. 17, n. 57, 2016.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP usando imagens Landsat-5. *RA'E GA-O Espaço Geográfico em Análise*, p. 234-271, 2011.

DENT, B. D. *Cartography: Thematic Map Design*, 4th Ed, Dubuque, Iowa, 1999.

DINIZ FILHO, J. B., MACEDO, I. G. M., MELO, J. G. Aspectos sobre a hidrogeologia e vulnerabilidade do aquífero barreiras semi-confinado, a oeste da lagoa do Bonfim - Nísia Floresta/RN. In: *VXIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XIX Encontro Nacional de Perfuradores de Poços*, 2014, Belo Horizonte.

EL-KAWY, O. A., RØD, J. K., ISMAIL, H. A., SULIMAN, A. S. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography*, v. 31, n. 2, p. 483-494, 2011.

FIGUEIREDO, D. *Conceitos básicos de sensoriamento remoto*. Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Brasília-DF, 2005.

HASTENRATH, S; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quartely Journal of the Royal Meteorological Society*, 103(435):77-92, 1977.

HOEFFEL, J. L. *et al.* Percepção Ambiental e Conflitos de Uso dos Recursos Naturais - Um Estudo na APA do Sistema Cantareira, São Paulo. *Iii Encontro de Anpas*, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-2, jun. 2006.

HOEFFEL, J. L., FADINI, A. A., MACHADO, M. K., & REIS, J. C.. Percepção Ambiental e Conflitos de Uso dos Recursos Naturais - Um Estudo na APA do Sistema Cantareira, São Paulo. *Iii Encontro de Anpas*, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-2, jun. 2006.

ICMBio. Disponível em < <http://www.icmbio.gov.br/portal/>>. Acesso em outubro de 2016

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Caracterização da Pesca Artesanal do Estado do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Noções básicas de cartografia. Disponível em : <
http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/representacao.html>. Acesso em 15. out. 2016

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de Imagens. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> Acesso em setembro de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). CLIMANÁLISE: Boletim de monitoramento e análise climática. Vol. 29. Nº 12, 2014. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1.html> Acesso em 20 de outubro de 2016.

JACINTHO, L. R. C. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Como Ferramenta Na Gestão Ambiental de Unidade de Conservação: O Caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo - SP. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Minerais e Hidrogeologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

JACINTHO, L. R. C. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Como Ferramenta Na Gestão Ambiental de Unidade de Conservação: O Caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo - SP. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Minerais e Hidrogeologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

KRAAK M. J., ORMELING F. J. Cartography-Visualization of Spatial Data, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England, 222 pp. 1996.

LEUZINGER, M.D. Natureza e cultura: direito ao meio ambiente e direitos culturais diante da criação de unidades de conservação de proteção integral e domínio público habitadas por populações tradicionais. 2007. 358 p. Tese. (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável - Gestão Ambiental). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2007, p. 124.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Oficina de Textos, 2015.

LIU, W.T.H. Aplicações de sensoriamento remoto. Editora UNIDERP, Campo Grande: UNIDERP, 2006.

LOPES, E. R. N., STRENZEL, G. M. R. Mapeamento do uso e ocupação do solo, em ambiente SIG, como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico da APA de Guaibim. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia/ V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento/XXV Expositiva, 2014, Gramado. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia/ V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento/XXV Expositiva, 2014.

LOPES, E. R. N.; STRENZEL, G. M. R.. Mapeamento do uso e ocupação do solo, em ambiente SIG, como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico da APA de Guaibim. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia/ V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento/XXV Expositiva, 2014, Gramado. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia/ V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento/XXV Expositiva, 2014.

MARTINS, G. SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MEIO AMBIENTE: Natal: Imagem, 2015. 63 slides, color.

MAS, J. F., KOLB, M., PAEGELOW, M., OLMEDO, M. T. C., HOUET, T. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & Software*, v. 51, p. 94-111, 2014.

Modesto, F. Software livre: alternativas e desafios para a comunidade bibliotecária. OFAJ: Tecnologia da Informação, abril - 2004. Disponível em: http://www.ofaj.com.br/colunas_conteudo.php?cod=192. Acesso em 01 nov. 2016.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação-4ed. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 2011.

MORGAN, R. K. Environmental impact assessment: the state of the art, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30:1, 5-14, 2012.

MUNN, R. E. Environmental impact assessment: principles and procedures. Wiley, Toronto, 173 p, 1975.

NERY, C. V. M.; OLIVEIRA, D. B.; ABREU, L. H. G. Estudo comparativo entre os índices NDVI obtidos a partir dos sensores LANDSAT 5-TM e RESOURCESAT-LISS III. *Caminhos de Geografia*, v. 14, n. 46, 2013.

OLIVA JÚNIOR, E. F. Os impactos Ambientais Decorrentes da Ação Antrópica na nascente do Rio Piauí - Riachão do Dantas-SE. *Revista Eletrônica FJAV*, v. 5, p. 1-17, 2012.

PORTAL IDEMA. Disponível em < <http://www.idema.rn.gov.br/>>. Acesso em agosto de 2016

REBOITA, M. S., KRUSCHE, N., AMBRIZZI, T, DA ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. *Terrae Didatica (Impresso)*, v. 8, p. 34-50, 2012.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). *Elaboração da Proposta de Zoneamento da Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guaraíra e Definição de diretrizes para o Plano de Manejo. Produto 04 - Diagnóstico Ambiental e Socioeconômico*. Natal/RN, 2014.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 16, p. 81-90, 2011.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental*. Oficina de Textos, 2015.

SCANLON, B. R., REEDY, R. C., STONESTROM, D. A., PRUDIC, D. E., DENNEHY, K. F. Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. *Global Change Biology*, v. 11, n. 10, p. 1577-1593, 2005.

SCHILLING, K. E., JHA, M. K., ZHANG, Y. K., GASSMAN, P. W., WOLTER, C. F. Impact of land use and land cover change on the water balance of a large agricultural watershed: Historical effects and future directions. *Water Resources Research*, v. 44, n. 7, 2008.

SILVA, A. B. *Sistemas de informações georeferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

SILVA, C. E. da, ROSA, A. P. *Geoprocessamento com utilização do satélite landsat 5 TM para estudo de caso do município de Betim*. 2012. Disponível em:

<<http://mundogeo.com/blog/2012/02/14/geoprocessamento-com-utilizacao-do-satelite-landsat-5-tm-para-estudo-de-caso-do-municipio-de-betim/>>. Acesso em: 20 set. 2016.

SILVA, L. K. T. da. Pesca artesanal entre mudanças socioambientais: estudo de caso na APA Bonfim-Guaráira/RN-Brasil / Luênia Kaline Tavares da Silva. – Natal, RN, 2015.

TANCREDO, K. R.; NOBREGA, R. O.; DIAS, T.; LAPA, K.R. Impactos ambientais da carcinicultura brasileira. In: International Workshop Advances in Cleaner Production. 3rd, São Paulo, 2011.

TOSTA, A. O.; SEYDEL, C. E. L. S. Aplicabilidade do SIG nos programas de habitação de interesse social estudo de caso do Bosque das Bromélias Salvador (BA). In: urb BA[12], 2012, Salvador. EIXO III - URBANISMO E REGULAÇÃO, 2012.

UCHOA, H. N.; FERREIRA, Paulo Roberto. Geoprocessamento com software livre. Publicação eletrônica. Rio de Janeiro–RJ, 2004.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat Project Description. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php> Acesso em setembro de 2016.