



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-CCA
ESPECIALIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

LUANA DA COSTA DUARTE HIANES

ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NO MUNICÍPIO DE
ANANINDEUA - PARÁ

Imperatriz - MA

2022

LUANA DA COSTA DUARTE HIANES

**ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NO MUNICÍPIO DE
ANANINDEUA - PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como requisito básico para a obtenção do título de especialista no curso lato sensu em Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas.

Orientadora: Profa. Dra. Anatórcia Ferreira Alves

Imperatriz - MA

2022

Ficha catalográfica

H623a

Hianes, Luana da Costa Duarte

Análise da cobertura vegetal através do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no município de Ananindeua - Pará. / Luana da Costa Duarte Hianes – Imperatriz, MA, 2022.

24 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1. Cobertura vegetal. 2. Geoprocessamento. 3. Índice de vegetação. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 630*5

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

**ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NO MUNICÍPIO DE
ANANINDEUA - PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão como requisito básico para a obtenção
do título de especialista no curso lato sensu em
Especialização em Recuperação de Áreas
Degradas.

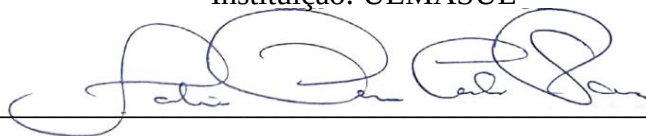
Data de aprovação: 16/12/2022

Banca Examinadora



Profa. Orientadora Dra. Anatércia Ferreira Alves

Instituição: UEMASUL



Profa. Dra. Patrícia Ferreira Alves

Instituição: UEMASUL



Prof. Me. Denise Lima Cavalcante Marinho

Instituição: UEMASUL

RESUMO

A partir da utilização de satélites, os estudos voltados ao meio ambiente tiveram grandes avanços o que possibilitaram melhorias na qualidade, quantidade e agilidade das informações. O emprego das geotecnologias ressalta o uso de computadores na representação de fenômenos espaciais de forma estática, utilizando mapas como forma de representação e possibilitando a identificação de áreas degradadas e auxiliando no monitoramento de florestas. O objetivo do trabalho foi analisar através de técnicas de Geoprocessamento (utilizando do NDVI), o espaço-temporal no processo da cobertura vegetal no município de Ananindeua – PA, referente aos anos de 1984 e 2017. As geotecnologias utilizadas nos últimos anos, especificamente o sensoriamento remoto, o qual utiliza imagens de satélite, oferece oportunidades para detectar e monitorar mudanças ambientais nas escalas local, regional ou global. Os resultados obtidos com NDVI, mostram eficiência satisfatória na detecção do aumento de áreas degradadas comparando os períodos de estudo, principalmente a interferência antrópica e o crescimento desordenado da área. A utilização de uma metodologia adequada e o uso de técnicas de geoprocessamento, resultam estudos que compreende os diversos elementos da cobertura vegetal.

Palavras-chave: Dinâmica da vegetação; Imagens multiespectrais; Índice de vegetação; Uso e cobertura da terra.

ABSTRACT

From the use of satellites, studies focused on the environment made great advances, which enabled improvements in the quality, quantity and speed of information. The use of geotechnologies emphasizes the use of computers in the representation of spatial phenomena in a static way, using maps as a form of representation and enabling the identification of degraded areas and helping to monitor forests. The objective of the work was to analyze, through Geoprocessing techniques (using NDVI), the space-time in the process of vegetation cover in the municipality of Ananindeua - PA, referring to the years 1984 and 2017. The geotechnologies used in recent years, specifically the remote sensing, which uses satellite imagery, offers opportunities to detect and monitor environmental changes at local, regional or global scales. The results obtained with NDVI, show satisfactory efficiency in the detection of the increase of degraded areas comparing the study periods, mainly the anthropic interference and the disordered growth of the area. The use of an adequate methodology and the use of geoprocessing techniques result in studies that comprise the different elements of the vegetation cover.

Keywords: Vegetation dynamics; Multispectral imaging; Vegetation index; Land use and land cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de distribuição de bairros no município de Ananindeua – PA.....	14
Figura 2	Degradação da cobertura vegetal no município de Ananindeua – PA.....	18
Figura 3	Impactos causados sobre a drenagem na zona urbana do município de Ananindeua - PA.....	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Etapas de processamento de imagens.....	17
------------------	---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Uso e Cobertura Vegetal.....	11
2.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	12
2.3 Plano de Reflorestamento no Brasil	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Área de estudo	14
3.2 Base de dados	15
3.3 Classificação digital – NDVI.....	16
3.4 Produção Cartográfica	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÕES.....	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

As intervenções do homem no ambiente têm causado preocupação nas últimas décadas, de maneira especial, na qualidade ambiental. As várias alterações ambientais acarretam no comprometimento da integridade dos recursos naturais, desestabilizando o equilíbrio dinâmico. Estudos que abordem os espaços físicos e os aspectos como uso e ocupação do solo aliado ao ciclo hidrológico, permite compreender os principais motivos que intensificaram as degradações, bem como auxiliar no planejamento territorial (DE COSTA, 2020).

O uso indevido do solo pelas ações do homem tem sido fator agravante na degradação do meio ambiente e no desequilíbrio ecológico. É importante monitorar e avaliar os impactos motivados pelas atividades antrópicas, ao fazer uso e ocupação do solo sobre os diferentes ambientes naturais (SALAZAR, 2015).

A floresta apresenta mecanismos próprios de recuperação e manutenção de sua diversidade, a exemplos a regeneração natural, que compreende além da supracitada chuva de sementes, o banco de sementes do solo e o banco de plântulas (SCOOTI, WENDLER e LONGH, 2011).

Nas últimas décadas tem sido notável a ação do homem sobre o meio ambiente, o que têm provocado mudanças e alterações no equilíbrio e na dinâmica da natureza. A acelerada alteração da paisagem natural e o crescimento das áreas urbanas nas últimas décadas, juntamente com o planejamento inadequado da gestão de recursos hídricos e a deficiência na execução das políticas públicas, têm proporcionado a deterioração da qualidade e quantidade da água e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população (VALADARES, 2017).

Dada a extensão continental da Amazônia Brasileira o uso de geotecnologias tem sido fundamental nos mapeamentos de áreas desflorestadas, está diretamente ligada à espacialização de informações e dados da superfície terrestre. Destacam-se o Sensoriamento Remoto (SR), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Processamento Digital de Imagens (PDI) para caracterização do uso e cobertura da terra (ROSA, 2005; SOUZA, 2017).

O conhecimento acerca dos índices de vegetação, sobretudo, o Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI), tem destaque significativo, por ser um dos mais relevantes indicadores para a análise da cobertura de vegetação em diferentes períodos utilizando técnicas de sensoriamento remoto. A utilização desse método permite monitorar as mudanças temporais de determinadas atividades, além de analisar o estágio de crescimento da

vegetação juntamente com as mudanças na cobertura do solo causadas por atividades antrópicas, assim como seu desenvolvimento (BARROS, et al., 2020).

Pode-se dizer que o NDVI, é um parâmetro de extrema importância no monitoramento da cobertura vegetal sendo assim utilizado para edificar perfis sazonal e temporal, das atividades da vegetação, permitindo sua comparação interanual. A utilização de técnicas de sensoriamento tem sido bastante utilizada no estudo da vegetação notadamente devido a sua interação com a radiação eletromagnética no processo fotossintético (LIRA, et al., 2011).

Estas ferramentas possibilitam a identificação de áreas degradadas e auxiliam no monitoramento de florestas. Esta informação é sintetizada com o mapeamento de classes que indicam a distribuição espacial de diferentes tipologias identificadas pelos padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de softwares dedicados exclusivamente para tratamento de imagens (LEITE & ROSA, 2012; SAUSEN, 2010).

A densidade demográfica e concentração das cidades no Estado do Pará, é maior na mesorregião Metropolitana de Belém (11 municípios) que possui 2.729.411 habitantes (IBGE, 2020). Esse processo de municipalização foi intensificado nas décadas de 1960 e 1970 quando houve a criação dos municípios a partir do Plano de Integração Nacional (CIDADE-BRASIL, 2019; TRINDADE JUNIOR, 2016).

Dessa forma o objetivo do presente trabalho foi analisar através de técnicas de Geoprocessamento, especificamente com auxílio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o espaço-temporal no processo da cobertura vegetal no município de Ananindeua, Estado do Pará, nos anos de 1984 e 2017.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso e Cobertura Vegetal

A expansão das atividades antrópicas ao longo dos tempos provocou uma carga de impactos negativos decorrentes da exploração dos recursos da natureza (ALVES et al., 2019).

As intervenções sobre o espaço geográfico criam um novo elemento de análise, a chamada, segunda natureza ou paisagem modificada. Quase sempre essas intervenções resultam em aspectos negativos, como os citados alhures, daí a necessidade de estudos relacionados à Qualidade Ambiental Urbana, podendo auxiliar no planejamento, pois geram informações que servirão para gerar políticas capazes de tornar o uso e a ocupação do solo nas cidades menos impactantes, visando melhorar a qualidade de vida da população (SILVA & DE CARVALHO, 2019).

Com o advento do sensoriamento remoto as questões relacionadas ao meio urbano e, sobretudo a cobertura vegetal tiveram um avanço significativo quando analisadas a partir de imagens de satélites, o que possibilitou um estudo mais detalhado desse ambiente (PORTÉGLIO, 2021).

Segundo Leite e Rosa (2012), o uso e cobertura da terra é a informação mais acessível numa imagem de satélite, permitindo a visualização e identificação direta dos elementos apresentados. Ainda de acordo com os autores, Uso, ocupação e cobertura da terra podem ser sintetizados através de mapas indicando a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens.

Gutierrez et al., (2017), mostram em seu estudo que o uso de técnicas de sensoriamento remoto através dos sistemas de informação geográfica é uma ferramenta poderosa que pode ser utilizada para o monitoramento de ecossistemas e para tomada de decisão na gestão ambiental.

O uso de sensores orbitais tem demonstrado grande utilidade na detecção de informações sobre os recursos naturais, principalmente quando relacionado à cobertura vegetal e ao uso da terra. A obtenção das informações, a partir de sensores remotos integrados aos dados fornecidos pelo trabalho de campo, permite a adequação dos programas de planejamento e monitoramento dos ecossistemas e do uso da terra. Este tipo de produto fornece informações atualizadas a um custo relativamente baixo (ALMEIDA E VIEIRA, 2008).

Em seu estudo Nascimento et al., (2020), afirmam que a análise do uso e ocupação do solo através do sensoriamento remoto demonstrou a eficácia em avaliar o nível de regeneração natural da vegetação e relacionar aos fatores que exercem maior influência sobre a vegetação.

Com o advento do sensoriamento remoto as questões relacionadas ao meio urbano e, sobretudo a cobertura vegetal tiveram um avanço significativo quando analisadas a partir de imagens de satélites, o que possibilitou um estudo mais detalhado desse ambiente (PORTÉGLIO, 2021).

2.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI é uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites.

Em seu estudo Silva et al., (2019), afirmam que esse índice tem como objetivo realçar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e outros alvos da superfície. Já Xue e Su (2017), enfatizam que são algoritmos simples e muito eficaz na avaliação da dinâmica da vegetação.

Para Wang et al., (2020), o monitoramento das mudanças na dinâmica da vegetação, desempenha um papel fundamental para compreender as alterações no meio ambiente. Esses índices de vegetação têm sido muito eficazes em relação a avaliação da cobertura vegetal numa escala maior (FLORES et al., 2020).

Dependendo da abrangência espaço-temporal na análise, o cálculo dos valores do NDVI requerer um processamento de imagens derivados de sensores, que comportem armazenamento adequado para grande quantidade de dados (AIRES et al., 2020).

Vários estudos tem mostrado que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, é fundamental para monitorar esse dinâmica espaço e tempo da vegetação assim como, estudos da variabilidade climática (KALISA et al., 2019; CHU et al., 2019; ZEWDIE et al., 2017; FATHIZA, et al., 2017).

Nesse sentido, as imagens multiespectrais detectadas contêm uma combinação de bandas que cria uma imagem composta a ser usada para interpretação e análise. Com imagens multiespectrais, as bandas individuais no composto da banda podem ser transformadas para que certos recursos e padrões se destaquem melhor (BARROS et al., 2020).

2.3 Plano de Reflorestamento no Brasil

No Brasil a extensão dos solos degradados é ainda muito precária. As estimativas apontam para o desmatamento e as atividades agrícolas como principais fatores. A

recuperação dessas áreas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por equipes multidisciplinares, constituídas por especialistas das mais diferentes áreas, que visa proporcionar, em última instância, o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente à atividade degradadora (FERREIRA, 2000).

A falta de planejamento no uso dos recursos naturais tem resultado na degradação dos ecossistemas florestais. Nos últimos anos, vários programas têm visado à recuperação desses ambientes. A preocupação em desenvolver técnicas que visem reduzir ao máximo os custos com a implantação de espécies florestais nativas para a recuperação de ecossistemas fortemente antropizados ou degradados (SANTOS, et al., 2012).

O Cadastro Ambiental Rural – CAR é um registro eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais, que tem por finalidade integrar as informações ambientais referentes à situação das Áreas de Preservação Permanente - APP, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país. Criado pela Lei 12.651/2012 no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, o CAR se constitui em base de dados estratégica para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais.

Em vigor desde 2012, o novo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651), criou um processo de regularização ambiental das propriedades baseado no Cadastro Ambiental Rural (CAR), nos Programas de Regularização Ambiental (PRAs) estaduais e nos Termos de Compromisso. O PRA, é um dos instrumentos mais importantes da nova lei, pois permitirá a solução dos passivos ambientais de produtores rurais no tocante às Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas de Reserva Legal (RL) e será a base para incentivos econômicos e financeiros dos serviços ambientais e ajudará, junto com o CAR, a controlar o desmatamento.

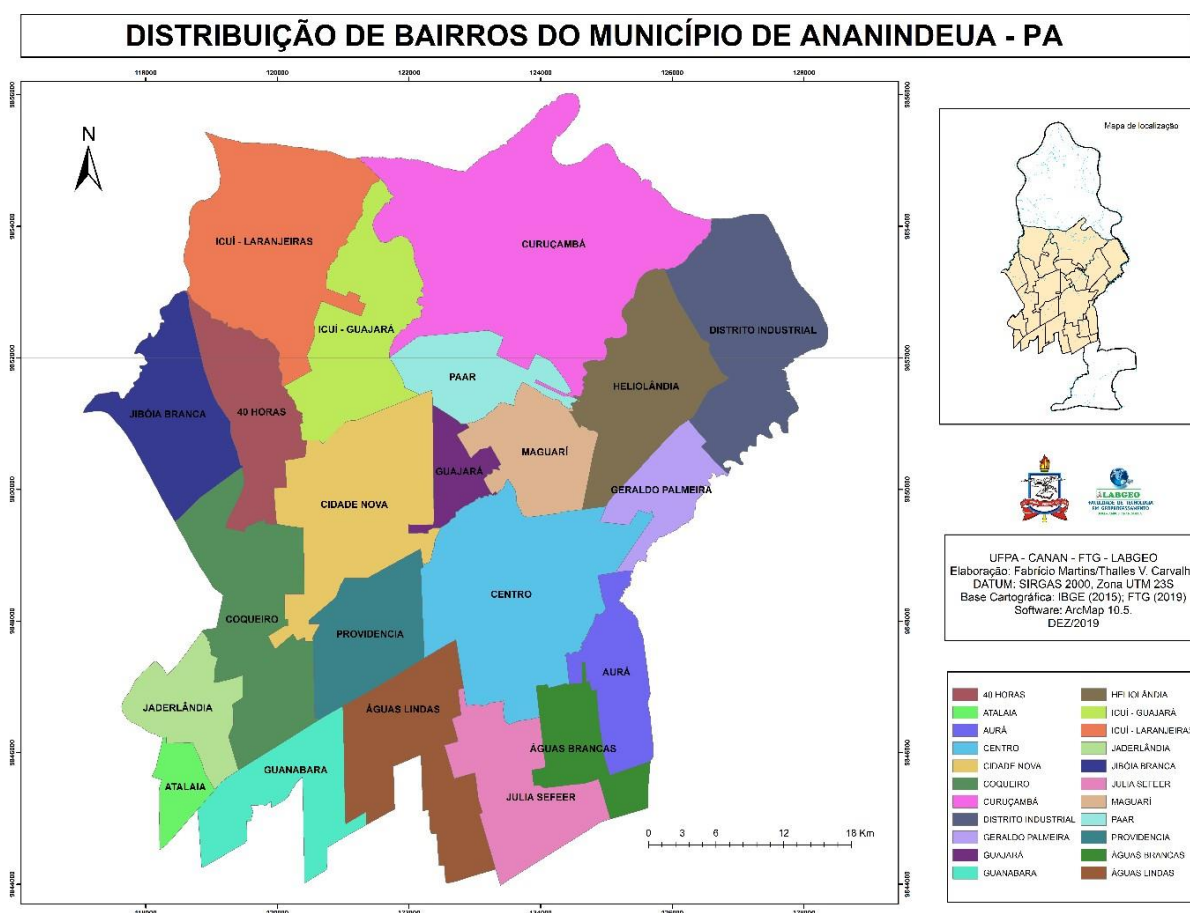
De acordo com o novo Código, os estados deverão aprovar seus PRAs com o objetivo de orientar a regularização de posses e propriedades rurais diante das regras de APPs e RLs, envolvendo as áreas consolidadas, convertidas antes de 22 de julho de 2008, bem como áreas que foram desmatadas após essa data.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O Município de Ananindeua é constituído por área rural, que se divide em região das ilhas, como também em área da bacia hidrográfica que compreende o rio Guamá, parte central incluindo a Colônia Agrícola do Abacatal e rio Guamá. Referente a área urbana, o mesmo localiza-se no centro, composto pelos seguintes bairros: Águas Brancas; 40 Horas; Curuçambá; Atalaia; Jaderlândia; Aurá; Centro; Levilândia; Coqueiro; Distrito Industrial; Geraldo Palmeira; Icuí-Laranjeira; Guanabara; Águas Lindas; Heliolândia; Icuí-Guajará; Providência; Júlia Seffer; Maguari-Cajuí; Jibóia Branca; PAAR e Cidade Nova, como mostra a figura 1.

Figura 1: Mapa de distribuição de bairros no município de Ananindeua – PA.



Fonte: Silva e Carvalho, 2019.

É um município brasileiro do estado do Pará, localizado na Grande Belém, o segundo mais populoso do estado e o terceiro da Amazônia. Sua população é estimada em 530.598 habitantes (IBGE, 2019).

O nome Ananindeua é de origem tupi, deve-se à grande quantidade de árvores chamadas Anani, espécie que produz uma resina de cerol utilizada para lacrar as fendas das

embarcações. A ocupação teve início na região ribeirinha, e seu interior começou a ser povoado a partir da antiga Estrada de Ferro de Bragança (Biblioteca IBGE).

Ananindeua é integrante do conjunto de sete municípios que compõem a Região Metropolitana de Belém (RMB), e foi criado pela Lei Complementar Federal nº 14, de junho, em 1973. Em 2010 a população total da RMB era de 2.275.032 habitantes IBGE/CENSO (2010), e composta por seis municípios: Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará, e a partir de 2011 também por Castanhal.

Às margens desse processo, surgiram as áreas de “invasões”, isto é, ocupações urbanas, localizadas principalmente próximas aos conjuntos habitacionais. Hoje por conta dessa expansão urbana, a área continental de Ananindeua concentra mais de 90 % da população do município.

A área insular de Ananindeua, fica no norte do município, sendo composta por 9 ilhas, são elas: Viçosa, João Pilatos, Santa Rosa, Mutá, Arauari, São José da Sororóca, Sororóca, Sassunema e Guajarina. É formada por inúmeros rios, com destaque para o Maguari, e furos, com destaque para o da Bela Vista e das Marinhas além de igarapés.

Pelo Decreto da Lei Estadual nº 4.505, de 30 de dezembro de 1943, promulgado pelo Interventor Federal Magalhães Barata, o Município de Ananindeua foi criado, acontecendo sua instalação, como tal, em 3 de janeiro de 1944. Segundo o Diário Oficial Municipal do dia 30 de janeiro de 2013, a fundação do município de Ananindeua está relacionada com uma parada da antiga estrada de ferro Belém-Bragança, onde hoje encontra-se situada a sua sede municipal.

3.2. Base de dados

Para a elaboração dos mapas referentes ao período de estudo, utilizaram-se as informações cartográficas em arquivos digitais no formato Shapefile (.shp) adquiridos da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Plano diretor do município de Ananindeua (PDMA). Os dados vetoriais após terem suas informações geográficas reprojetadas, foram recortados observando os limites da área de estudo.

As imagens dos satélites LandSat 5, foram utilizadas para análise multitemporal e fornecidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos - United States Geological Survey (USGS) com porcentagens de nuvens inferior a 3%. As cenas utilizadas foram da órbita/ponto e as imagens foram reprojetadas para o sistema de projeção UTM - SIRGAS 2000, fuso 22S, através da ferramenta *project raster* localizada no ArcToolbox.

As técnicas de geoprocessamento certamente oferecerão subsídios básicos a cenários sustentáveis para a sociedade, no caso específico que estudamos, oferece um conjunto de

informações para planejamento e execução de políticas públicas, bem como ações de iniciativa do setor privado. (SILVA E CARVALHO, 2019 *Apud* DIAS E SANTOS, 2013).

A utilização de uma metodologia adequada e de técnicas de geoprocessamento para análise, pode resultar em estudos que compreende os diversos elementos da paisagem urbana e, com isso, subsidiar o ordenamento do espaço urbano, levando em consideração não só os fatores sociais, mas também os elementos físicos (SILVA E CARVALHO, 2019).

3.3 Classificação digital - NDVI

O cálculo dos valores de NDVI requer o processamento de imagens derivadas de sensor orbital e, dependendo da abrangência espacial e temporal da análise, necessita-se de processadores robustos e espaço para o armazenamento de um enorme volume de dados (AIRES, 2018).

A geração do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI), é expressa pela razão entre a diferença da média da reflectância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R) e a soma dos mesmos canais. O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1. Nas superfícies que contêm água ou nuvens, esta variação é sempre menor do que 0. Ela pode ser obtida através da equação 1:

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

Onde:

NIR = Reflectância na banda do infravermelho próximo;

Red = Reflectância na banda do vermelho.

O processo de fusão de imagens de sensoriamento remoto pode ser efetuado tanto com bandas de um mesmo sensor quanto com bandas de diferentes sensores, visando como resultado melhorias na qualidade das imagens.

3.4 Produção Cartográfica

A partir do lançamento da nova série de satélite Landsat, em 11 de fevereiro de 2013, denominado Landsat 8/OLI, trouxe consigo novas possibilidades para a pesquisa no que diz respeito à produção de dados e informações espaciais, apresentou um conjunto de novos sensores: sensor espectral OLI (Operation Land Imager) e o sensor termal TIRS (ThermalInfrared Sensor), que agregaram melhorias na resolução espectral, causando mudanças nos intervalos espectrais dos canais de todas as bandas.

O sensor OLI possui resolução espacial de 15 m no Pancromático e de 30 m no Multiespectral, o que possibilita a geração de imagens de 15 m coloridas através de técnicas de fusão digital, ampliando a capacidade para novos estudos e aplicabilidades dos resultados para detecção de alvos, levando em consideração as mudanças e inovações agregadas à resolução radiométrica, que estão quantificadas numa faixa dinâmica de 16 bits.

Esta fase foi realizada em laboratório, para a elaboração e confecção de mapas com auxílio (imagens serão tratadas e processadas) do software Arcgis 10.8, onde será utilizada a ferramenta *composite bands*, tendo por finalidade fazer a composição das bandas. Para análise, foi aplicado a técnica de Processamento Digital de Imagem (PDI), tabela 1. Além da interpretação visual da imagem.

Em seus estudos, Fonseca (2000) explica que para uma melhor análise e interpretação, as imagens precisam passar por diversos processos de realce no contraste. Já para Rosa (2007), esse mesmo realce também se refere as modificações das imagens tornando-as apropriadas a visão humana.

TABELA 1: Etapas de processamento de imagens

ETAPA	RECURSO TECNOLÓGICO
REALCE DE IMAGENS	Realce de contraste
	Transformações RGB
ANÁLISE DE IMAGENS	Extrações de atributos
	Classificação supervisionada

Fonte: Alves (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das imagens selecionadas até a geração do produto final (mapa), foi observado uma diferença enorme na distribuição na cobertura vegetal no município de Ananindeua. Os elementos visuais mais representativos são os de valores positivos, o que sugere a presença de cobertura vegetal, os valores de NDVI foram agrupados em 3 classes e seus respectivos alvos de superfície identificados em campo, como mostra a representatividade da figura 2.

Ao que diz respeito a cobertura vegetal, agrupadas em intervalos com valores positivos relacionados ao NDVI, (variando entre 0,16 – 0,26). No entanto, locais com solos descobertos, áreas urbanizadas, estradas e áreas sem vegetação os índices variaram entre -0,02

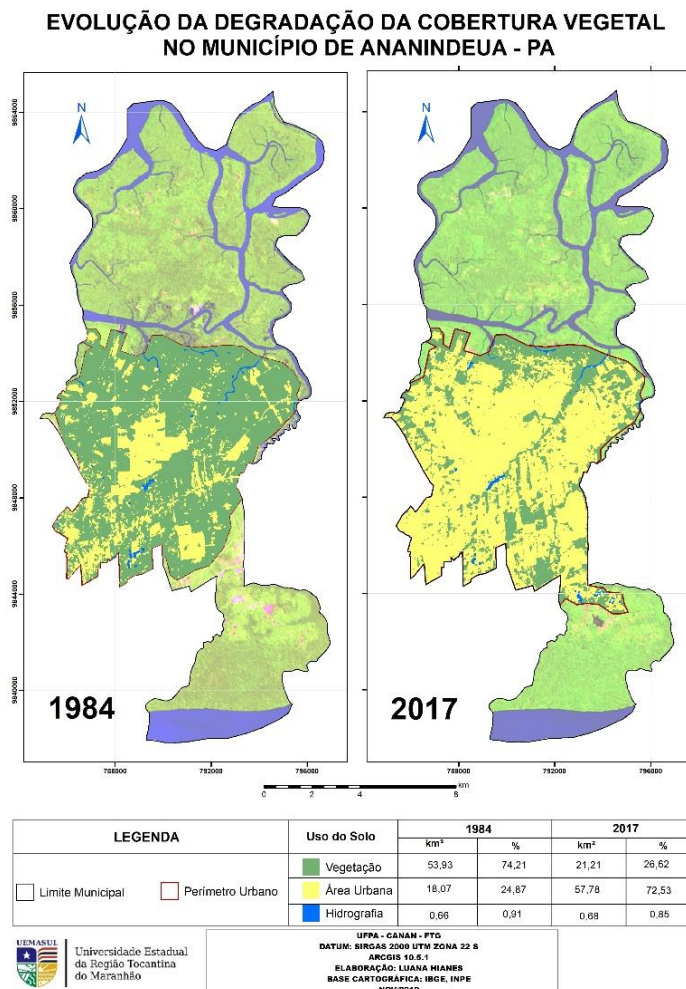
e 0,16. Durante o estudo, também foi observado que grande parte dessa remoção na vegetação está relacionada a ação antrópica oriundas das edificações e da ocupação desordenada.

Os valores negativos estão representando corpos d'água, que devido a sua característica físico-química (variando entre -0,30 e -0,02). Porém, a maior parte desse fluxo que incide sobre a água não é refletida, como ocorre no solo e na vegetação.

Ainda em relação a figura 2, permite identificar a dinâmica da cobertura vegetal e uso do solo no município de Ananindeua (1984 e 2017). Comparando as imagens de satélite, evidencia uma redução significativa na área de vegetação, saltando de 74,21% (1984), para 26,62% (2017). Já em relação a área urbana, há um aumento considerável de 24,87% (1984), para 72,53 % (2017).

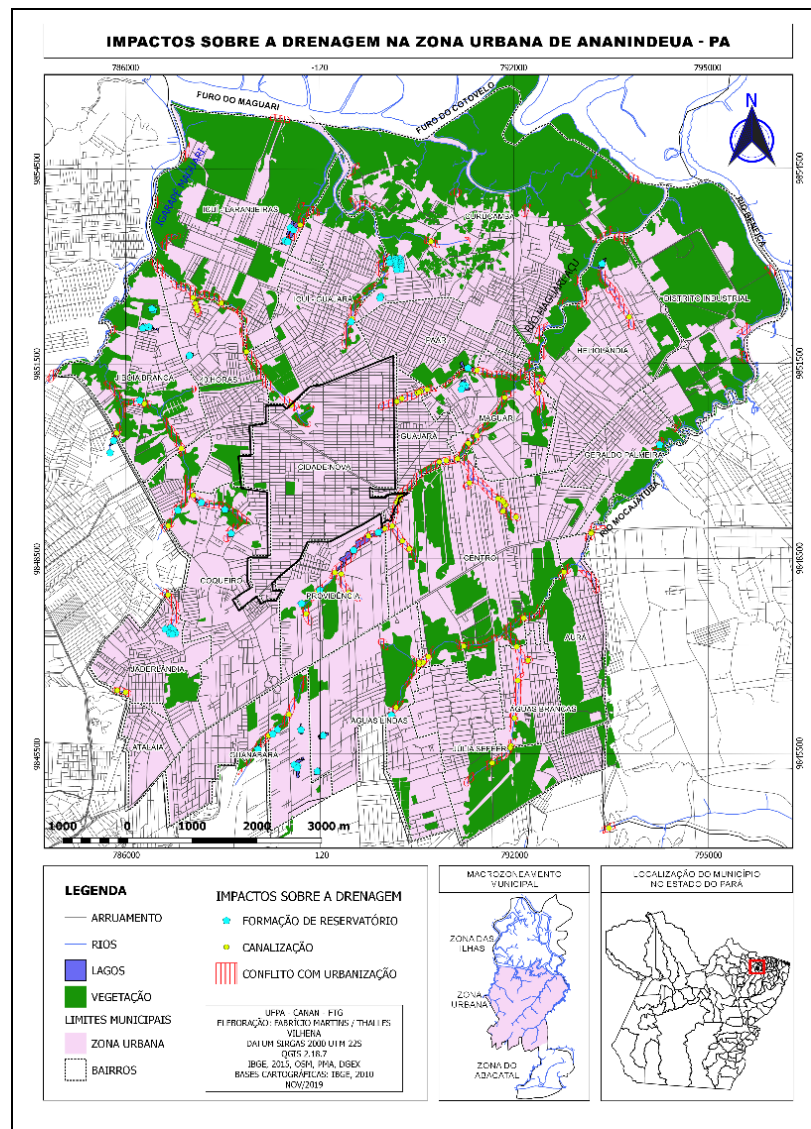
Os valores de NDVI foram calculados com base em imagens Landsat Surface Reflectance (SR) desde 1984 pois, a partir deste ano, essa categoria das imagens Landsat apresenta resolução espacial de 30 m, além de correções radiométrica e atmosférica (USGS, 2017)

Figura 2: Degradação da cobertura vegetal no município de Ananindeua – PA.



Ananindeua completou este ano, 78 anos de fundação em meio a pedidos de melhorias. Seu crescimento ocorreu de forma desordenada desde que houve a criação e inauguração do conjunto Cidade. Silva e Carvalho (2019) em seus estudos, mostram os impactos causados sobre a drenagem na zona urbana do município (Figura 3).

Figura 3: Impactos causados sobre a drenagem na zona urbana do município de Ananindeua.



Fonte: Silva e Carvalho, 2019.

Santos e Ramos (2017), considerando os resultados obtidos através da aplicação do NDVI na microbacia do Rio Maguari-Açu nos anos de 1986 e 2016, constataram que houve mudanças significativas na paisagem, provocando a diminuição gradual de sua cobertura, onde há um avanço da expansão urbana.

Portéglio et al., (2019), identificaram de acordo com cálculo de NDVI que, em um período de dez anos (2009 – 2019) houve perda de cobertura vegetal, em aproximadamente 5% da área total da bacia.

Gomes et al., (2013), detectaram quatro impactos ambientais: assoreamento do corpo hídrico por erosão do solo, despejo inadequado de resíduo sólido, lançamento de esgoto sanitário e retirada da cobertura vegetal.

Em seu estudo, Ribeiro et al., (2021), analisaram através do NDVI o comportamento da vegetação no município de Ananindeua para interpretação da organização do espaço geográfico e modificações na cobertura vegetal diante do desenvolvimento da agricultura e crescimento urbano. Ainda segundo os autores, o mapa de NDVI evidência a disposição da vegetação no município que sofre grande alteração pelo crescimento urbano ao longo da rodovia principal.

Para Costa et al., (2016), evidenciaram aumento da temperatura da superfície, sobretudo nas áreas onde houve a substituição da vegetação densa por áreas fortemente urbanizadas, onde há a presença de solo exposto e construções (ruas, passarelas, praças, residências, prédios e outros).

Em seu estudo, Trindade et al., (2019), identificam que a área verde urbana correspondeu pouco mais de 62,13% da área total urbanizada e que (a mesma) está disposta nos arredores da área urbanizada e que os serviços ofertados por ela sofrem pressão com o crescimento do município.

Este estudo evidenciou o processo do uso do solo no município de Ananindeua. O município sofreu e vem sofrendo nas últimas décadas significativa transformação em grande e/ou na sua maioria, pelas formas erradas do uso e cobertura vegetal inapropriados, sem contar de maneira não sustentável.

A utilização de uma metodologia adequada e de técnicas de geoprocessamento com um banco de dados excelente, para analisar os problemas que envolvem a questão ambiental, resultam em estudos que compreende os diversos elementos da cobertura vegetal.

Durante a análise foi possível observar como uso da ferramenta do sensoriamento remoto como suporte na decisão no monitoramento da cobertura vegetal

5 CONCLUSÕES

A metodologia da classificação não supervisionada do NDVI, utilizando as imagens Landsat, foram satisfatórias, fornecendo as informações sobre o comportamento da cobertura vegetal durante o período analisado.

A classificação temática originada pelo uso do NDVI, permitiu identificar as mudanças ocorridas no uso e cobertura do solo no período de estudo. Em comparação aos dois anos analisados, no Município de Ananindeua, foi comprovada a expansão de áreas urbanas e de solo exposto, refletindo a ocupação dominante atual, o qual advém de forma desordenada.

Por meio da utilização do NDVI, foi possível visualizar a redução acentuada da cobertura vegetal na área estudada, principalmente ocasionada pelas ações antrópicas e o crescente desordenamento urbano ao longo dos anos. Essas informações contribuem para a importância dessas áreas e uma melhor qualidade de vida da população.

O uso de ferramentas e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), provaram ser eficazes e úteis propiciando grande ação na detecção de áreas degradadas, redução no tratamento de dados e os custos de mapeamento, evidenciando um auxílio importante no monitoramento do meio ambiente.

Um ponto importante a destacar é a utilização de índices de vegetação como indicadores das mudanças no uso e cobertura do solo, em especial o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que pode ser obtido a partir de imagens Landsat, é um dos índices mais utilizados para indicar alterações na cobertura vegetal.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõem que seja confeccionado mapas temáticos em vários anos (recentes) do município de Ananindeua - PA, a partir do NDVI. Sugere-se ainda identificar e monitorar alterações na cobertura vegetal para distinguir as áreas com ação antrópicas das áreas não alteradas.

REFERÊNCIAS

- AIRES, U. R. V. **Utilização de NDVI para análise da influência da modificação da cobertura vegetal no regime de vazões**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa, MG, 2018.
- ALMEIDA, C. A. et al. **Metodologia para monitoramento da floresta usada nos projetos PRODES e DETER**. São Jose dos Campos. INOE. Versão 2021-01-26. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34R/443GTAS>. Acesso em: 21 nov. 2022.
- ARLETE SILVA DE ALMEIDA & IMA CÉLIA GUIMARÃES VIEIRA. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, Belém, v. 3, n. 1, p. 81-92, jan.- abr. 2008.
- COSTA C. A. **Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos em municípios do Alto Vale do Rio do Peixe/SC**. VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNISUL – Palhoça – 12 a 14 de maio de 2020.
- DA COSTA, A. M. S.; BEZERRA, P. E. S.; DE OLIVEIRA, R. S. Análise da temperatura da superfície terrestre associada à dinâmica do uso e ocupação do solo nos municípios de Belém e Ananindeua, Pará, Brasil. Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá, MT, 22 a 26 de outubro 2016. **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, p. 957 957 -967.
- FERREIRA, C. A. G. Recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.127-130, jan./fev. 2000.
- GANDOUR C; MENEZES D; VIEIRA J; ASSUNÇÃO J. **Degradação Florestal na Amazônia**: Fenômeno Relacionado Ao Desmatamento Precisa Ser Alvo De Política Pública. 2021. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/DQ-Degradacao-Florestal-Amazonia.pdf>. Acesso em: 13 maio 2022.
- GOMES, E. P.; SAMPAIO, L. C.; SANTOS, V. C.; PESSOA, F. C. L. Avaliação de impacto ambiental em bacias urbanas. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2013.
- GUTIERREZ, C. B. B.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GUTIERREZ, D. M. G.; DOS SANTOS, L. S.; DE PAULA. M. T. Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.10, n.01 (2017) 521-534.
- LEITE E. F; ROSA R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.
- NASCIMENTO, K. R. P.; ALVES, E. R.; ALVES, M. V. S.; GALVÍNCIO, J. D. Impact of precipitation on the use and occupation of soil in vegetation coverage in Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress** V. 05N. 02(2020) 221-231.
- PORTÉGLIO, LETÍCIA DE OLIVEIRA. Análise espacial das áreas verdes urbanas na região metropolitana de Belém-PA. (**Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia). 25 f. 2021.

PORTÉGLIO, L. O.; SIQUEIRA, E. U. S.; LIMA, S. R. M. Estimativa de índice de vegetação na bacia hidrográfica do rio maguari-açu/PA. 30º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. **AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp**. 2019.

P. C. SANTOS, A.C.F. RAMOS. Geoprocessamento aplicado na análise das áreas de preservação permanente do rio maguari - açu no município de Ananindeua – PA. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia**, 2017.

PINTO, R. DE A. (2017): **Conflitos ambientais em Santo Antônio do Tauá (PA): considerações a partir do direito ambiental**. (Especialização em Direito Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba). Recuperado em 18/09/2019 de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/54145/R%20-%20E%20-%20RODRIGO%20DE%20AMORIM%20PINTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RIBEIRO, E. S.; RAAD, S. M.; CASTRO, R. J.; COSTA, R. R. S.; BARBOSA, G. T. S.; CARNEIRO, F. S.; D'ARACE, L. M. B.; MAESTRI, M. P. Mapeamento da distribuição espacial da cobertura vegetal no município de Ananindeua/PA. **Nature and Conservation**, v.14, n.2, p.66-72, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.002.0007>.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A.; DE ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.237-245, 2012.

SALAZAR, J. P. C (2015). **Determinação de cenários futuros de uso e cobertura do solo e sua influência na vulnerabilidade ambiental: o caso do Município de Formosa – GO**. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 112p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. Módulo de Cadastro. 2016. Disponível em: <https://www.car.gov.br/public/Manual.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

SILVA, F. M; CARVALHO, T. V. **Análise do Saneamento Ambiental no Bairro da Cidade Nova, Município de Ananindeua – PA**. (Trabalho de Conclusão de Curso - TCC) - Curso de Geoprocessamento, Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2019. 64 f.

SCOOTI, A. V. S. M.; WENDLER, F. C.; LONGH, J. S. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n3, p. 459- 472, 2011.

TRINDADE, A. R.; DA SILVA, M. G.; TAVARES, P. A.; SOUTO, J. I. O.; BELTRÃO, N. E. Identificação de serviços ecossistêmicos associados às áreas verdes urbanas no município de Ananindeua, estado do Pará. **XIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Campinas-SP. 23 a 26 de setembro de 2019.

VALADARES, A. A. **Análise da dinâmica do uso e cobertura do solo sobre a vulnerabilidade ambiental em área do Distrito Federal** [Distrito Federal] 2017. XIX, 197p., (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2017). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.