



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

ARTHUR GUTEMBERG ANDION FARIAS MOURA

IDENTIFICAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA NA ILHA DE
OUTEIRO/PA POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO

Imperatriz - MA

2022

ARTHUR GUTEMBERG ANDION FARIAS MOURA

**IDENTIFICAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA NA ILHA DE
OUTEIRO/PA POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

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.

Orientador: Prof. Dr. José Fábio França
Orlândia

Imperatriz - MA

2022

M929i

Moura, Arthur Gutemberg Andion Farias

Identificação da expansão urbana na Ilha de Outeiro/PA por meio de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. / Arthur Gutemberg Andion Farias Moura – Imperatriz, MA, 2022.

28 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. Expansão urbana. 2. Índice de vegetação. 3. Sensoriamento remoto. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 630*4

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

ARTHUR GUTEMBERG ANDION FARIAS MOURA

IDENTIFICAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA NA ILHA DE OUTEIRO/PA POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

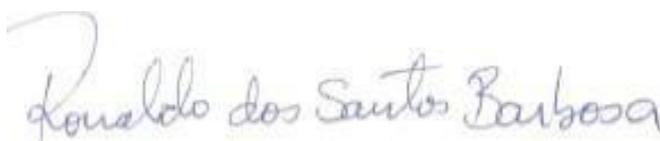
Monografia apresentada ao Curso de Especialização *Lato Sensu* em Recuperação de Áreas Degradadas da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, como requisito para obtenção do diploma.

Aprovado em: 13/12/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. DSc. José Fábio França Orlanda
Doutor em Química
(Orientador)



Prof. DSc. Ronaldo dos Santos Barbosa
Doutor em Geografia



Prof. MSc. Dalton Henrique Ângelo Mestre
em Ciências Florestais e Ambientais

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho aos meus pais e minha irmã, que sempre investiram na minha educação, e nunca se opuseram à ciência.

Agradeço ao Henrique e o best Lucas, por sempre me manterem na linha e nunca desviarme caminho, apesar do best sempre questionar essa minha escolha de profissão.

Ao meu orientador por sempre me ajudar quando mais preciso.

RESUMO

No Brasil o monitoramento da expansão urbana sobre áreas florestais, está sendo através dos avanços na área de sensoriamento remoto e processamento de imagens de satélite. Atualmente, as técnicas mais apuradas para o estudo sobre cobertura florestal estão relacionadas aos Índices de Vegetação (IV), tal como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). A ilha de Caratateua mais popularmente conhecida como Outeiro é uma das mais importantes ilhas do município de Belém-PA e sede de um dos seus oito distritos administrativos. O presente estudo teve como objetivo analisar através das ferramentas de geoprocessamento a expansão que ocorreu na ilha de Outeiro, entre os anos de 1999 e 2022, no qual observou-se que áreas de floresta nativa representavam um total de 72,54% em termos percentuais da referida área no ano de 1999. No ano de 2022 houve uma redução desse quantitativo, neste ano área de floresta passou a representar um quantitativo de 55,58% da superfície da Ilha, em consequência do notório o crescimento urbano na ilha nesse intervalo de tempo. Pode se concluir com este artigo que a utilização de geotecnologias para mapear e quantificar áreas diversas, se mostra de grande valia, tendo em vista que auxilia na visualização, na manipulação de dados e na criação de mapas.

Palavras-chave: Índice de vegetação; Bioma amazônico; Expansão urbana

ABSTRACT

In Brazil, the monitoring of urban expansion over forest areas is being carried out through advances in the area of remote sensing and satellite image processing. Currently, the most accurate techniques for studying forest cover are related to Vegetation Indexes (VI), such as the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The island of Caratateua, more popularly known as Outeiro, is one of the most important islands in the municipality of Belém-PA and the seat of one of its eight administrative districts. The present study aimed to analyze, through geoprocessing tools, the expansion that occurred on the island of Outeiro, between the years 1999 and 2022, in which it was observed that areas of native forest represented a total of 72.54% in percentage terms of that area in 1999. In 2022 there was a reduction in this quantity, this year the forest area came to represent a quantity of 55.58% of the surface of the Island, as a result of the notorious urban growth on the island in that interval of time. It can be concluded from this article that the use of geotechnologies to map and quantify different areas is of great value, considering that it helps in visualization, data manipulation and map creation.

Keywords: Vegetation index; Amazon Biome; Urban expansion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização da Ilha de Outeiro.....	12
Figura 2: Índice populacional das ilhas da Região Metropolitana de Belém	13
Figura 3: Recorte da Hidrografia da Ilha de Outeiro.....	15
Figura 4: Classes estudadas nesta pesquisa	16
Figura 5: Esquematização de criação da polígonos de interesse (segmentação) e Classificação Supervisionada	17
Figura 6: Ilha de Outeiro nos anos de 1985 (A) e 2021 (B).....	18
Figura 7: NDVI de 1999(A) e 2022(B).....	19
Figura 8: Ilha de Caratateua com classes convertidas	20
Figura 9: Comunidade Neuton Miranda.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das imagens utilizadas no presente trabalho	14
Tabela 2: Bandas utilizadas na elaboração do NDVI	15
Tabela 3: Bandas utilizadas na elaboração do NDVI	15

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quantificação das classes do uso e ocupação do solo na Ilha de Caratateua nos anos de 1984 e 2021.....	21
---	----

SUMÁRIO

<u>1 INTRODUÇÃO</u>	8
<u>2 MATERIAL MÉTODOS</u>	10
<u>2.1 Área de Estudo</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>2.2 Base de Dados</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>2.3 Pré-Processamento e Cálculo do Índice de Vegetação</u>	15
<u>2.4 Segmentação, Coleta das Amostras e Classificação Supervisionada</u> Error! Bookmark not defined.	
<u>2.5 Validação da Acurácia</u>	Error! Bookmark not defined. 8
<u>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</u>	18
<u>4 CONCLUSÕES</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>REFERÊNCIAS</u>	25

1 INTRODUÇÃO

Com o acelerado crescimento da urbanização após a Revolução Industrial, é visível e recorrente o aumento do consumo dos recursos naturais para suprir as demandas do crescimento populacional contínuo (CECAGNO et al., 2020). A aquisição de informações mais detalhadas e confiáveis sobre o espaço geográfico é de grande importância para as ações de planejamento ambiental, gestão, ordenamento territorial e análise das mudanças ocorridas na paisagem de uma determinada região (PACHECO, 2021). A transformação de área de floresta para área destinada ao uso urbano tem produzido, ao longo do tempo, reflexões sobre a função da urbanização nos processos de conversão florestal (RIBEIRO et al., 2019). O processo de fragmentação da cobertura florestal fez com que as áreas urbanas tivessem seu entorno fragilizado, visto que a retirada desordenada da vegetação diminuiu a manutenção da biodiversidade, degradando florestas e levando a perda de benefícios socioambientais (TAVARES, 2019).

O estudo das mudanças de cobertura do solo torna-se viável quando avaliado em grandes áreas, assim, o sensoriamento remoto é uma ferramenta que através de um conjunto de técnicas junto a algoritmos permitem esse tipo de avaliação, além de um monitoramento espaço-temporal. O Sensoriamento Remoto pode ser descrito como a obtenção de dados ou imagens de um objeto que está distante do sensor de amostragem. Sendo uma técnica alternativa muito eficiente para avaliação do crescimento urbano, devido à possibilidade de se obter imagens de extensas áreas da superfície terrestre, com isso permitindo a definição dos limites e monitoramento urbano (BEZERRA, 2021; SILVA, 2021; ARAÚJO, 2016).

Nesse contexto, destaca-se o uso das imagens de satélite, que além de apresentar um excelente resultado no processo de monitoramento das cidades, traz a vantagem de ser uma ferramenta de baixo custo (SILVA, 2019). A série de satélites Landsat fornece imagens de observação da Terra desde 1972, sendo uma referência para a área de sensoriamento remoto. Outros satélites têm sido desenvolvidos e lançados nos últimos anos, como no caso da série de satélites Sentinel (NETO, 2017). Esse satélite tem como finalidade de observar a superfície terrestre e de auxiliar análises para serviços como as mudanças na cobertura da superfície terrestre e monitoração das florestas, desenvolvidos pela Agência Espacial Europeia (ESA), anexados no Programa Copernicus, de monitoração ambiental (MARQUES, 2018). Por fim, há como as imagens multiespectrais da constelação dos satélites Dove pertencentes a empresa Planet capturam diariamente imagens PlanetScope com resolução espacial de 3-4 m (SARAIVA et al, 2019).

Os índices de vegetação permitem a combinação das imagens do visível e do infravermelho próximo e assim deduzir informações a respeito do estado da vegetação e outros elementos da paisagem (BERTUCINI, 2017). Os índices de vegetação são usados para analisar as propriedades espectrais da vegetação e calculados por operações aritméticas entre bandas, especificamente nas regiões do visível e do infravermelho próximo, devido ao comportamento antagônico da reflectância da vegetação nestas regiões espectrais (FRANCISCO, 2020). Segundo Barni (2021), vários índices espectrais foram desenvolvidos ou adaptados para melhorar o mapeamento de áreas que sofreram ações antrópicas, sendo o principal deles o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Com base nestas informações, o presente artigo tem como objetivo avaliar a dinâmica da expansão urbana na Ilha de Outeiro, através do sensoriamento remoto e de técnicas de geoprocessamento.

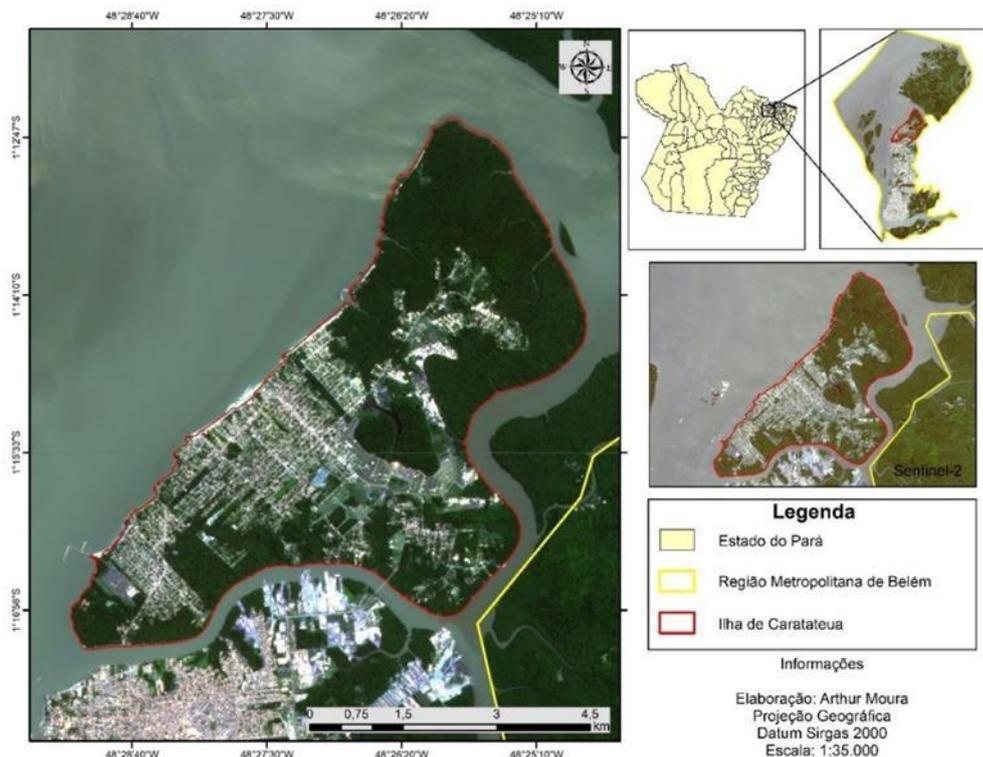
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na ilha de Caratateua, conhecida popularmente conhecida como ilha de Outeiro. É uma das mais importantes ilhas do município de Belém-PA e sede de um dos seus oito distritos administrativos. Localizada a aproximadamente 25 quilômetros ao norte do centro da capital (Belém), é ligada ao continente pela ponte Governador Enéas Martins Pinheiro (BITENCOURT, 2016). Situada entre as latitudes $1^{\circ} 12' W$ e $1^{\circ} 17' S$, e entre as longitudes de $48^{\circ}25'$ e $48^{\circ}29' W GR$, compondo a região nordeste do Estado do Pará (figura 1). A zona sul e sudeste da ilha é caracterizada por vegetação secundária, resultado da atividade de agricultura de subsistência onde acontecia a supressão, queima, plantio e abertura de novas áreas. No setor nordeste em trecho de planalto havia floresta ombrófila de terra firme como vegetação original, mas devido a extração de minérios para uso imediato em construção civil (areia, rochas, argila) e a agropecuária, já não existe mais (CHAGAS, 2012).

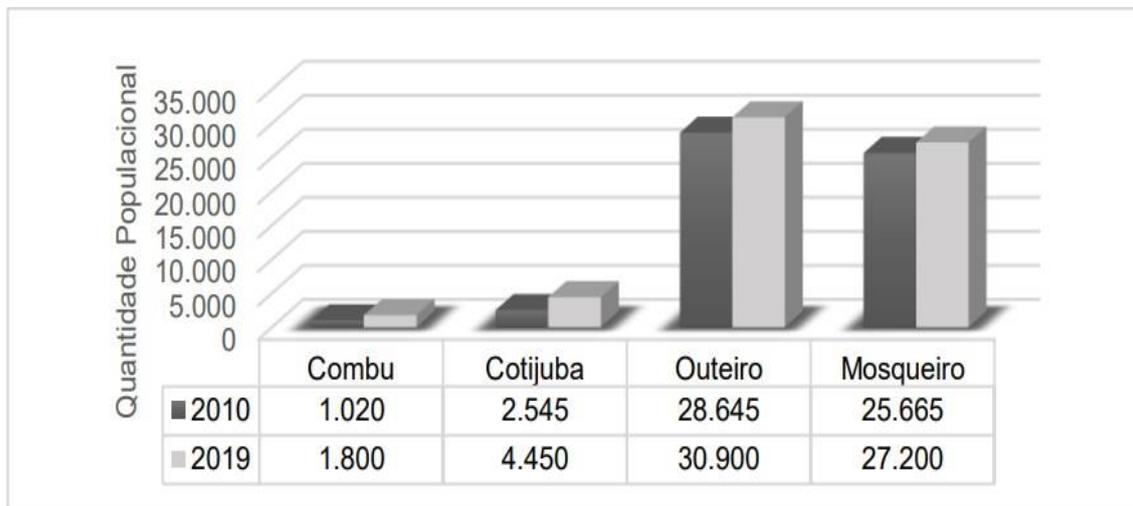
A ilha de Outeiro apresenta o maior índice populacional se comparado com as outras ilhas de Belém/PA (Figura 2), a conexão por pontes possibilitou expansão urbana da cidade de Belém para as ilhas, onde se tornaram regiões insulares com dados populacionais expressivos (QUARESMA, 2020).

Figura 1 – Mapa de Localização da Ilha de Outeiro



Fonte: Autor (2022)

Figura 2 – Índice populacional das ilhas da Região Metropolitana de Belém.



Fonte: Adaptado de Quaresma (2020)

Historicamente, até o final do século XIX, as ilhas das redondezas Belém eram unicamente, espaços rurais onde se realizava o extrativismo e alguma produção de subsistência. A ilha de Outeiro, se destaca economicamente pela forte influência da agroecologia e extrativismo do fruto do açaí, com circuito produtivo curto, que favorece a permanência dos recursos na ilha, além do forte apelo turístico (OLIVEIRA, 2021). A ilha constitui um importante centro turístico do município de Belém, sendo bastante frequentada por estar próxima da capital e pela beleza natural de suas sete praias: Brasília, Prainha, dos Artistas, Grande, do Amor, Ponta do Barro Branco e da Água Boa. As praias de cidades turísticas são geralmente elegidas como locais de diversão e de atividades recreativas (Silva, 2020).

Outra área de atuação da associação em parceria com Escola Bosque professor Eidorfe Moreira é o ecoturismo e a valorização do Patrimônio Natural na região das ilhas. Propõem-se auxiliar na elaboração de roteiros para pessoas portadoras de deficiência, fortalecendo a relação do homem com a natureza, criando trilhas alternativas para terapia, lazer, e valorização dos usos e saberes locais (OLIVEIRA, 2021).

2.2 Base de Dados

As imagens Landsat-5, foi obtida de forma gratuita na plataforma GloVis (Global Visualization Viewer) do United States Geological Survey (USGS) da NASA (National Aeronautics and Space Administration). Para o ano de 1999, utilizou-se imagens do tipo LandSat-5 (30m de resolução espacial) e referente ao ano de 2022 usou-se uma imagem do tipo

Planet (5m de resolução espacial), adquirida na própria plataforma planet. O sistema utilizado foi o de projeção geográfica, com datum sirgas 2000, que corresponde a área de estudo. As orbitas pontos usada no trabalho foram 223/068 (LandSat-5) e 748-1017 (Planet). A tabela 1, descreve as informações de cada tipo de imagem utilizada.

Tabela 1 – Descrição das imagens utilizadas no presente trabalho.

Ano	Satélite	Sensor	Bandas	Data da Imagem
1999	LandSat-5	<i>Thematic Mapper</i> (TM)	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7	21/07/1999
2022	Planet	DOVE	B1, B2, B3, B4	11/09/2022

Fonte – Autor (2022)

2.3 Pré-Processamento e Cálculo do Índice de Vegetação

Segundo Novo (2010), a maior consequência da atmosfera sobre as imagens é a diminuição do contraste da imagem, que dificulta a diferenciação de pequenos objetos e, também, sua identificação na imagem. Neste trabalho será abordado o método empírico de Subtração de Objetos Escuros (DOS, sigla em inglês Dark Object Subtraction), que é um método de correção atmosférica. Esse método assume que em qualquer imagem há uma grande probabilidade de existir alguns pixels completamente escuros, ou seja, com zero valor de reflectância. Este processo de correção também é muito importante para o cálculo de índices de vegetação computados a partir de duas ou mais bandas espectrais em virtude da influência do espalhamento atmosférico (MACHADO, 2020).

A correção atmosférica das imagens TM/Landsat-5 foi processada aplicando o processo DOS, dentro do programa QGIS 3.10.4 com auxílio da ferramenta *Preprocessing* do plugin *Semi-Automatic Classification*. As imagens planet não precisam passar por esse tipo de correção, por isso esta etapa não se aplica. Após o pré-processamento das imagens, através da ferramenta *clip*, extraiu-se somente a área da Ilha de Outeiro e sem as hidrografias, uma vez que o objetivo do artigo não envolve cálculo de áreas hidrográficas (figura 3).

Figura 3 – Recorte da Hidrografia da Ilha de Outeiro.



Fonte – Autor (2022)

O NDVI foi um dos primeiros índices de vegetação desenvolvidos e é amplamente utilizado até os dias atuais, tendo sido explorado em diferentes abordagens como o uso e ocupação do solo, estudos agrícolas, monitoramentos florestais e climáticos. O NDVI varia de -1 a 1 e está diretamente relacionado com o vigor da vegetação, valores mais altos indicam vegetação mais vigorosa, valores próximos a 0 indicam solo exposto e/ou áreas urbanas e valores negativos a presença de água (GUEDES, 2018; MACHADO, 2020).

O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) é calculado usando a equação I, proposta por Rouse et al. (1974):

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

onde: NIR corresponde a banda do infravermelho próximo e a banda do vermelho visível. Para a elaboração do NDVI, utilizou-se a tabela 2 como base de referência.

Tabela 2 – Bandas utilizadas na elaboração do NDVI.

Satélite	Vermelho Visível	Infravermelho Próximo
Landsat-5	Banda 3	Banda 4
Planet	Banda 3	Banda 4

Fonte: Autor (2022)

2.4 Segmentação, Coleta das Amostras e Classificação Supervisionada

Após a definição das classes utilizadas (Floresta densa, vegetação rasteira e solo sem vegetação), sendo a classe de Floresta densa e vegetações de grande porte em verde escuro, vegetação secundária em verde claro indicando vegetações rasteiras e plantações e solo exposto em rosa claro referente a zona urbana, habitação rural, estradas e atividades mineradoras, como forma de representação visual a figura 4 mostra as classes em uma imagem de satélite do tipo Landsat.

Figura 4 – Classes estudadas nesta pesquisa.



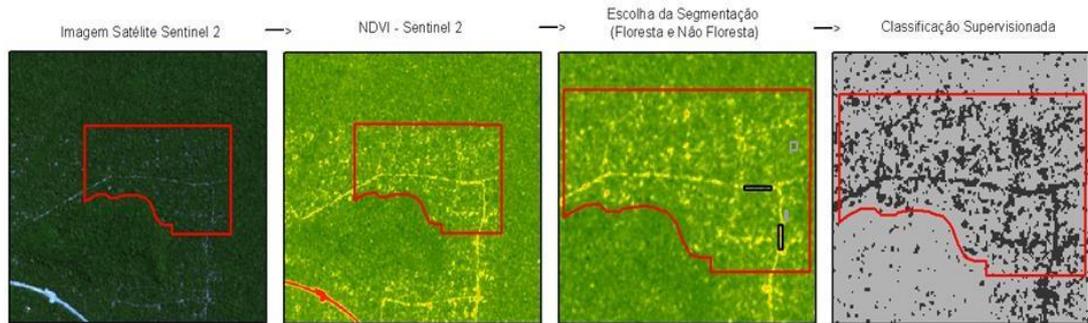
Fonte: Autor (2022)

A segmentação de imagem é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões espacialmente adjacentes podem ser agrupadas (VIDAL, 2018). A segmentação tem sido amplamente utilizada nos procedimentos de classificação de imagens de satélite (PEREIRA, 2018). Essas representações do comportamento médio das classes que serão mapeadas automaticamente, onde torna-se de suma importância que as amostras de treinamento sejam bastante homogêneas (MOURA, 2021). Dessa forma, para o índice de vegetação NDVI a segmentação será aplicada com o objetivo de colher amostras nas variações dos resultados das técnicas calculadas que serão inseridas no processo de classificação, sendo utilizadas as imagens de satélite na composição de cor verdadeira para validar as amostras área de floresta densa, vegetação rasteira e solo sem vegetação.

A metodologia de classificação supervisionada refere-se quando existe um conhecimento prévio de algumas áreas que deseja trabalhar, selecionando de amostras de treinamento confiáveis por meio da fotointerpretação manual, obtendo amostras por meio de técnicas como a segmentação (LAGE, 2021). Para tal, nos algoritmos de classificação são informados previamente as áreas para extrair as feições, o método de classificação supervisionada será aplicado empregando o algoritmo de Classificação da máxima verossimilhança por meio do Plugin Maximum Likelihood Classification (LILLESAND, 1994), esse classificador funciona calculando o vetor médio, variância e a correlação para cada classe nos dados de treinamento (CURRAN, 1985). Essa técnica será empregada nos NDVI, na Figura 5 a área de interesse foi representada em cinza claro e cinza escuro para as classes de

floresta e não floresta respectivamente.

Figura 5 – Esquemática de criação da polígonos de interesse (segmentação) e Classificação Supervisionada.



Fonte: Autor (2022)

2.5 Validação da Acurácia

O processamento da acurácia será desenvolvido pela extensão AcATaMa disponível no software Qgis, essa extensão permite calcular a matriz confusão com base nas classes escolhidas pelo usuário. As etapas utilizadas nesse plugin se inicia selecionando a imagem ou área no qual seriam analisados os padrões de acurácia, no caso do presente trabalho, utilizado o resultado do NDVI para a área e uma imagem de composição colorida, para os anos de 1999 e 2022 respectivamente. Para validação, será adotado o índice Kappa, que é uma medida de concordância usada com frequência. Essa medida, é definida como a proporção de concordância observada não decorrente do acaso, em relação à máxima concordância não devida ao acaso (CORREIA, 2007). Valores encontrados para kappa variam de -1 a +1, onde, quase perfeita (> 80%), substancial (entre 60% e 80%), moderada (entre 40% e 60%), fraca (entre 20% e 40%), quase nenhuma (< 20%) (SZKLO, 2014).

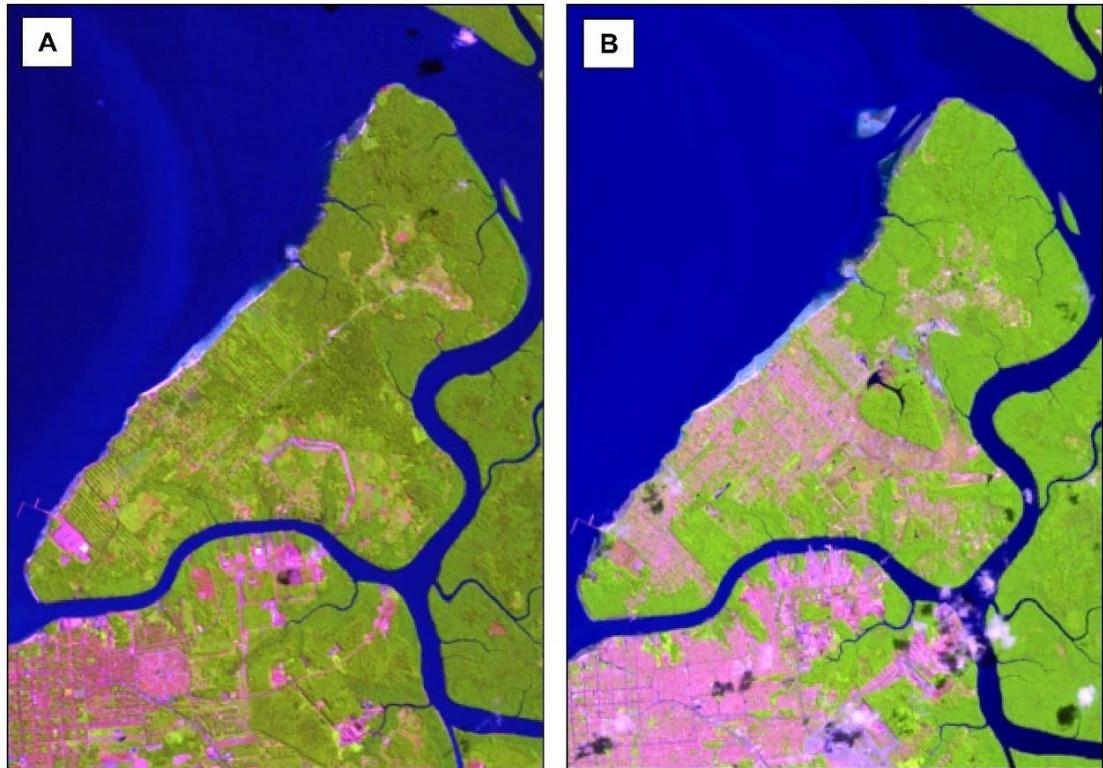
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Até os anos de 1970 a população da ilha beirava 1000 habitantes, descendentes ou remanescentes de comunidades indígenas e famílias migrantes de ribeirinhos, extrativistas e pequenos agricultores familiares (VASCONCELOS, 2021). Segundo Vasconcelos (2019), de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, evidencia um salto para 35 mil habitantes, tendo alguns veículos de comunicação apontado para 80 mil habitantes atualmente.

A inauguração pode ser entendida como o marco do processo de povoamento mais intenso da ilha, no contexto da expansão urbana do município de Belém (FERREIRA, 2012).

Com o auxílio de imagens de satélites foi possível fazer uma ilustração demonstrando o avanço da expansão urbana e mudanças na paisagem na ilha de Outeiro, antes e depois da instalação da ponte que liga ilha com a capital Belém (figura 6).

Figura 6 – Ilha de Outeiro nos anos de 1985 (A) e 2021 (B).

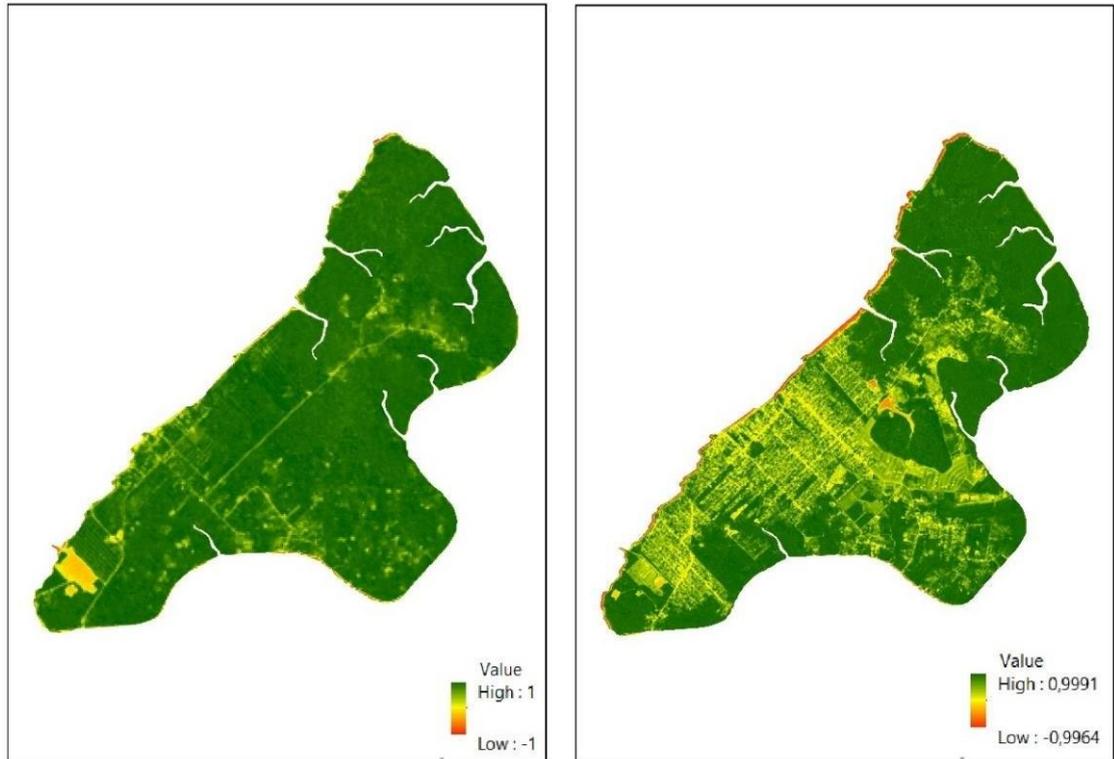


Fonte: Autor (2022)

Foi possível visualizar a mudança na dinâmica da ilha, a partir da integração a região metropolitana da cidade de Belém com a construção da ponte Enéas Pinheiro em 1986, que em consequência disso, houve um crescimento na ocupação desordenada nas décadas de 1990 e 2000, não acompanhado de políticas públicas, equipamentos e infraestruturas urbanas (QUARESMA, 2020). Para mensurar essa classe estudada, utilizou-se o NDVI, além de outras técnicas de geoprocessamento.

O NDVI foi processado utilizando a ferramenta Raster Calculator, e com base no resultado para a Ilha de Outeiro obteve-se valores de NDVI variando de -1 a 1 para o ano de 1999 e -0,9964 a 0,9991 para 2022 (Figura 7), levando em consideração que valores mais próximos de 1 indicam regiões com florestas mais densas e valores mais próximos a -1, áreas sem vegetação.

Figura 7 – NDVI de 1999(A) e 2022(B)



Fonte: Autor (2022)

Para a etapa da classificação supervisionada, a segmentação serviu como auxílio para detectar regiões espectrais semelhantes. Essas regiões posteriormente foram agrupadas e assim foi gerada a classificação supervisionada de três classes da Ilha de Outeiro. Os valores encontrados para o índice kappa foram de 0,84 e 0,91 para os anos de 1999 e 2022, o que classifica a qualidade da classificação como excelente, de acordo com Mastella (2018). Os resultados da classificação supervisionada das imagens para o período do estudo podem ser verificados na figura 8, onde cada classe é representada pelas cores verde escuro, verde claro e rosa, associadas a classe de floresta densa, vegetação rasteira e solo sem vegetação respectivamente.

No quadro 1, observa-se a quantificação e o percentual das classes estudadas neste trabalho, conforme a classificação utilizada. A Ilha de Outeiro apresentou ao longo de 23 anos, mudanças expressivas na sua paisagem, perdendo áreas de vegetação densa e rasteira, e resultando no solo exposto ou áreas urbanizadas.

Figura 8 – Ilha de Caratateua com classes convertidas.



Fonte: Autor (2022)

Quadro 1 – Quantificação das classes do uso e ocupação do solo na Ilha de Caratateua nos anos de 1984 e 2021

Classe	1999		2021	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Floresta densa	2.248,99	72,54	1.726,31	55,58
Vegetação Rasteira	518,08	16,71	653,54	21,04
Solo sem vegetação	333,62	10,75	726,52	23,38
Total	3.100,69	100	3106,37	100

Fonte: Autor (2022)

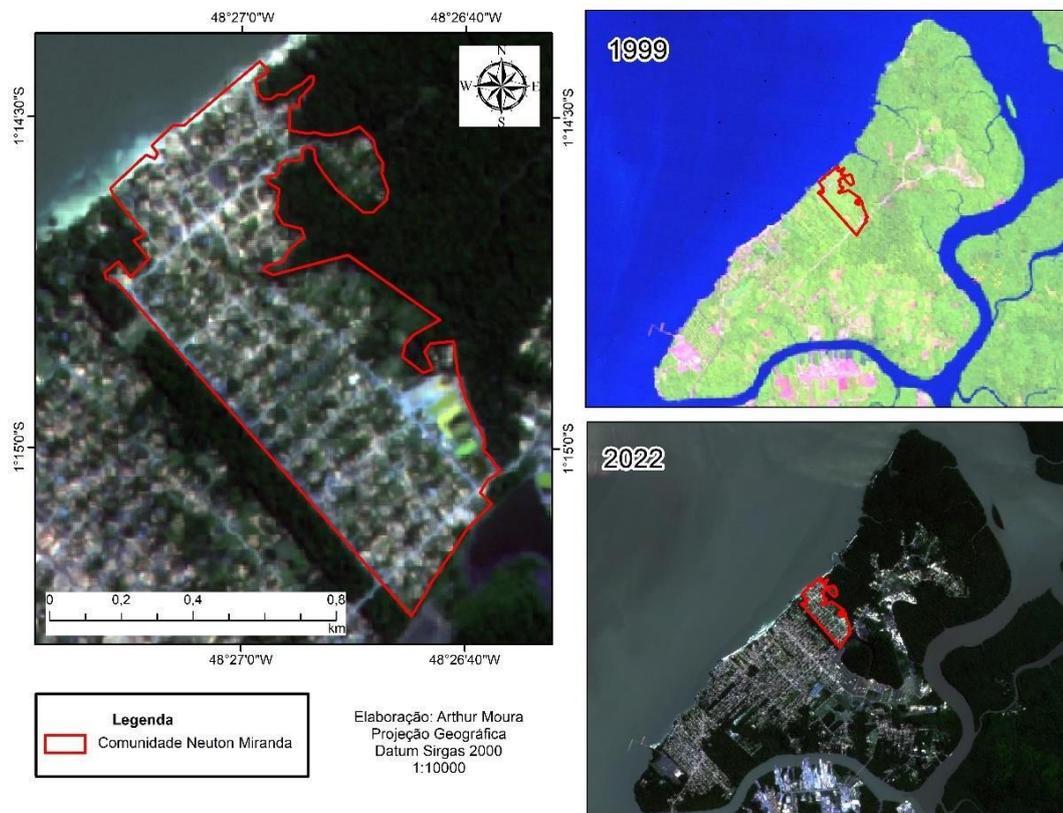
De acordo com BARBOSA (2012), a expansão urbana na ilha de Caratateua ocorreu em locais antes utilizados para extração mineração e atividades agrícolas. No quadro 1 foi possível visualizar que o solo sem vegetação aumentou 12,63% durante esse período do estudo. Ainda segundo este autor, não houve planejamento para ocupação destes locais, ocasionando problemas sociais e ambientais.

No quadro 1, observa-se que a classe de floresta em 1999 representava um total 2.248,99 ha, o que correspondia a 72,54% da área total da ilha. Em 2022 houve uma redução desse quantitativo, neste ano áreas de floresta densa totalizavam 1.726,31 ha, ou seja, 55,58% da superfície da Ilha de Outeiro, indicando uma redução de 16,96%. Essa perda na camada

florestal, acaba impactando de forma negativa ocasionando em alguns problemas ambientais e sociais. Segundo Nogueira (2014), com o desmatamento causado na ilha, a população local tem notado que está ocorrendo o afugentamento da fauna e citam como exemplo algumas espécies que habitavam certas áreas anteriormente e que não são mais vistas em certos locais, tendo migradas para outros habitats da ilha.

Outro ponto importante de se discutir, é a comunidade Neuton Miranda, está localizada a noroeste da ilha (figura 9), esta comunidade foi a última e mais expressiva expansão sob áreas de floresta, que de acordo com Vasconcelos (2021), teve sua ocupação a partir do dia 13 de junho de 2011, resultou em áreas urbanizadas e de solo exposto.

Figura 9 – Comunidade Neuton Miranda



Fonte: Autor (2022)

Este crescimento desordenado está ligado a uma falta de uma gestão ambiental e urbanística na ilha, o que resulta no aumento desordenado na área urbana e gerando impactos ambientais por meio do uso desordenado dos recursos naturais e do solo. A redução de áreas verdes urbanas configura uma potencialmente ameaça para os cidadãos vulneráveis a doenças associadas ao calor, especialmente considerando as mudanças climáticas e as previsões de aquecimento global (SOUTO, 2021).

Levando em consideração os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas em torno de áreas urbanas, um estudo realizado por Costemalle (2023), exemplifica que quanto maior a cobertura das árvores, maior a capacidade de remoção da poluição do ar, as árvores ajudam na redução da temperatura do ar, o que por si só pode levar a reduções nas emissões de várias fontes antrópicas. As áreas verdes são apontadas como um bioindicador na avaliação da qualidade ambiental urbana. Quando essas áreas não existem ou não são efetivadas no ambiente urbano, influenciam na qualidade do mesmo (ARANA, 2020). Ainda em relação aos benefícios da camada florestal, Lima (2019), afirma que a manutenção da cobertura vegetal é necessária também para a diminuição da poluição, a proteção de nascentes e mananciais, o melhoramento do microclima urbano e a manutenção da biodiversidade. Ou seja, planejar as atividades levando o foco na capacidade do uso da terra mostra-se de suma importância quando se objetiva o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação do meio ambiente (LIMA, 2020).

4 CONCLUSÕES

O estudo proposto mostrou-se eficaz na análise multitemporal de 23 anos analisados, a evolução das atividades antrópicas evidenciou uma forte mudança na paisagem na Ilha de Outeiro. A identificação por meio de uma análise durante os anos propostos, com o auxílio do sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, permitiu visualizar as mudanças no espaço. A utilização do NDVI junto a técnicas de geoprocessamento aplicadas as imagens de satélites, se mostrou eficiente para quantificar cada classe estudada mostrando visualmente a expansão urbana e as mudanças na ilha.

Uma das principais mudanças que foi constatada na classe de floresta densa, que em 1999 apresentou 2.248,99 ha da área ocupada pela ilha, considerada extremamente grande e em 2022 a mesma classe passou ocupar área de 1.726,31 ha, caracterizando uma supressão vegetal e atentando ao crescimento da classe de solo exposto. A ilha passou por um processo intenso de urbanização como pode ser observado no trabalho, o que levou a alguns problemas como solo exposto, redução de áreas florestadas e aumento da temperatura em áreas urbanas.

Nesse contexto a utilização de geotecnologias para mapear e quantificar áreas ampliam ou reduzem, se mostra de grande valia, tendo em vista que auxilia na visualização, na manipulação de dados e na criação de mapas. Ainda em relação a análise do solo, a perda da camada florestal, para dá espaço a áreas urbanas representa um problema tanto para a sociedade e para o meio ambiente. Portanto, o geoprocessamento é indispensável para tomada de decisões

quando levado em consideração a relação entre expansão urbana e áreas florestais, objetivando a mitigação dos efeitos negativos sobre os recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ARANA, A. R. A. et al. Meio ambiente e saúde mental: os benefícios das áreas verdes urbanas. Promoção da saúde em resposta à sociedade contemporânea, Franca: Ribeirão Gráfica Editora. São Paulo p. 67, 2020.
- ARAÚJO, S. A. Estimação e modelagem preditiva de recursos hídricos, usando sequencias de dados de sensoriamento remoto, obtidos em tempo de lapso. Rio Grande do Norte, Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – UFRG, 2016
- BARBOSA, E. J. da S et al. Percursos geográficos: pesquisa e extensão no distrito de Outeiro, Belém - Pará (2008 - 2011): produção e apropriação da natureza na ilha de0 Caratateua, Belém (PA). Belém: GAPTA/UFPA , 1. ed., 2012.
- BARNI, Paulo Eduardo et al. **Logging Amazon forest increased the severity and spread of fires during the 2015–2016 El Nino**. Forest Ecology and Management, v. 500, p. 119652, 2021. DOI:10.1016/j.foreco.2021.119652
- BERTUCINI JUNIOR, J. J.; SILVA CENTENO, J. A. **Detecção De Alterações Em Alvos Agrícolas E Florestais Empregando Índices De Vegetação Em Uma Série Multitemporal De Imagens Landsat**. Revista Brasileira de Cartografia, 69(6), 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44306>
- BEZERRA, Marcus Vinicius Freitas et al. **Análise da cobertura vegetal de uma unidade de conservação do Pantanal de Mato Grosso do Sul, a partir da aplicação de sensoriamento remoto**. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, p. e24710916342-e24710916342, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.16342>
- BITENCOURT, H. R. **Ilha De Outeiro: Memórias E Resignificações**. Revista Terceira Margem Amazônia, Belém, 2(7), 167-185. 2016. DOI: 10.36882/2525-4812.2017v2i7p%25p
- CECAGNO, C. F. et al. **Sustentabilidade do desenvolvimento urbano de Campinas-SP: uma abordagem multicritério**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 12(3), 2020. DOI: 10.1590/2175-3369.012.e20190178
- CHAGAS, Clay Anderson Nunes. et al. Percursos geográficos: pesquisa e extensão no Distrito de Outeiro, Belém-Pará (2008-2011). 1. ed. - Belém: GAPTA/UFPA, 2012. 204 p.
- CORREIA, Virginia Ragoni de Moraes et al. **Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas**. Cadernos de Saúde Pública, 23(5), 1015-1028, 2007. DOI:10.1590/S0102-311X2007000500004
- COSTEMALLE, V. B.; CANDIDO, H. M. N.; CARVALHO, F. A. **An estimation of ecosystem services provided by urban and peri-urban forests: a case study in Juiz de Fora, Brazil**. 53(4), 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210208>
- Curran, P. Principles of Remote Sensing, London: Longman, 1985.

DA SILVA, J. E; CRISPIM, Andréa Motta Coelho; DA SILVA, Janaína Barbosa. **Dinâmica espaço-temporal da expansão urbana brasileira a partir do uso de sensoriamento remoto—uma revisão**. Research, Society and Development, 10(12), p. e450101220686-e450101220686, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20686>

FERREIRA, Carlos Augusto da Cruz. **Distribuição e qualidade dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na área insular do município de Belém - PA: Ilha de Caratateua**. 2012. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2012. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

FRANCISCO, Cristiane Nunes et al. **Análise do impacto da correção atmosférica no cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada a partir de Imagem Landsat 8/OLI**. Revista Brasileira de Geografia Física, 13(1), 076-086, 2020. DOI: DOI:10.26848/rbgf.v13.1.p076-086

GUEDES, Jânio; DA SILVA, **Sebastião Milton Pinheiro**. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: princípios físicos, sensores e métodos**. Acta Geográfica, 12(29), 127-144, 2018. DOI: DOI: <https://doi.org/10.5654/acta.v12i29.4001>

LAGE, Mariana de Oliveira. Identificação e classificação de áreas urbanas propícias à existência de criadouros do mosquito *Aedes Aegypti* via sensoriamento remoto. São Paulo, **Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)**. USP, 2021.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. Remote sensing and image interpretation. Chichester: John Wiley & Sons, 2. ed., 1994.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G.; FAÇANHA, A. C. **Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, 2019. DOI: 10.1590/2175-3369.011.e20180037

LIMA, Camila Aparecida de; NUNES, Flávia Peres. **Conflitos no uso do solo e sua relação com a conservação ambiental: um estudo de caso**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 7, n. 16, p. 691-705, 2020 DOI:10.21438/rbgas(2020)071616.

MACHADO, Adilson Matheus Borges. **Comparação de Imagens OLI/LANDSAT-8 E MSI/SENTINEL-2 no Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra na Ilha do Maranhão**. Revista Equador, 9, 209-232, 2020. Disponível em: <https://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/10451/6342>

Marques, F. J. M. (2018). **Utilidade agronômica dos índices NDVI e NDWI obtidos por imagem dos satélites Sentinel-2: estudos de caso nas culturas de trigo, Referências 55 brócolo e arroz**. Évora, Dissertação (Mestrado em engenharia Agronômica), Universidade de Évora, 2018

MASTELLA, André Fabiano Meller; VIEIRA, Carlos Antonio Oliveira. **Acurácia temática para classificação de imagens utilizando abordagens por pixel e por objetos**. Revista Brasileira de Cartografia, 70(5), 1618-1643, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n5-44559

Moura, A. G. A. F., Negrão, A. G., da Silva, J. C., Santana, J. R., Ferreira, T. R. Z., & da Costa, W. S. L. (2021). **Geoprocessamento: Utilização da técnica de classificação supervisionada para cálculo de remanescente florestal / Geoprocessing: Use of the supervised classification technique for calculating forest remnants**. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 51722–51737. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-528>

NETO, Abílio Gomes Figueredo et al. USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA A ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO DE DEMERVAL LOBÃO–PIAUÍ, NOS ANOS DE 2007 E 2017. In: **anais do X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Fortaleza, 4 de nov., 2019

NOGUEIRA, Daniel et al. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE GRANDE EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO PRÓXIMO ÀS COMUNIDADES CARENTES NA ILHA DE CARATATEUA-BELÉM-PA-BRASIL. In: **Anais XIII International Conference On Engineering And Technology Education**. Guimarães, Portugal. 19 de Mar., 2014. DOI:10.14684/INTERTECH.13.2014.412-417

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2010

OLIVEIRA, R. D; Silva, J. A. L. **Associativism and extensionism: a proposal for ecotourism and reproduction of productive backyards Caratateua island, Belém–PA**. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista*, 17(2). 24-38. 2021. DOI: 10.17271/1980082717220212973

PACHECO, D. G. **Análise das mudanças do uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais por meio de técnicas de sensoriamento remoto nos anos de 2000 e 2019**. *Cerrados*, 19(2), 303-322, 2021. DOI: 10.46551/rc24482692202134

PEREIRA, L.F; GUIMARÃES, R. M. F; OLIVEIRA, R. R. O. **Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro**. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 3(3), 250-264, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.3.3.2018.1839.250-264>

QUARESMA, A. M; SZLAFSZTEIN, C. F. **Análise Multicritério Para Determinação Do Isolamento Geográfico Em Ilhas Do Município De Belém-PA**. *Revista GeoAmazônia*, 8(16), 50-78, 2020. DOI: 10.17551/2358-1778/geoamazonia

RIBEIRO, R. M. et al. **Os processos de urbanização e conversão florestal na Amazônia paraense – um estudo multiescalar**. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 35(3), 1–30, 2019. DOI: 10.20947/s102-098a0068

ROUSE, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973) **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**. 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351, Washington DC, 10-14 December 1973, 309-317.

SARAIVA, Marciano et al. Construção De Mosaicos Temporais Normalizados De Imagens Planet. In: **Proceedings of the XIX Brazilian Symposium on Remote Sensing**; INPE: Santos. 14 de abr., 2019.

SILVA, J. S.; FARIA, F. M. S. **Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA)**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, 46(1), 07-24, 2019. DOI: 10.5380/raega.v46i1.52552

SILVA, Tais dos Reis et al. **Contaminação ambiental por enteroparasitas presentes em areias na Praia do Amor, Distrito de Outeiro, Belém, Pará, Brasil**. Brazilian Applied Science Review, v. 4, n. 3, p. 1334-1342, 2020.

SOUTO, J. I. DE O.; COHEN, J. C. P. **Spatiotemporal variability of urban heat island: Influence of urbanization on seasonal pattern of land surface temperature in the Metropolitan Region of Belém, Brazil**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 13, 1-17, 2021. DOI: 10.1590/2175-3369.013.e20200260

SZKLO, M; NIETO, F. J. Epidemiology: beyond the basics. Jones & Bartlett Publishers, 2014.

TAVARES, A. C. F. et al. **Geoprocessamento aplicado à detecção de desmatamento em área de risco geológico localizada no Bairro Mutange, Maceió/AL**. Revista Craibeiras de Agroecologia, 4, e8924-e8924, 2019. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/ojs2-somente-consulta/index.php/era/article/view/8924/6890>

VASCONCELOS, A. F. dos. S. “O mundo é diferente da ponte pra cá”: transformações urbano-metropolitana recentes e movimentos sociais na Ilha de Caratateua, Belém-PA. **Dissertação (Mestrado em Geografia)**. Universidade Federal do Pará. Belém, IFCH/UFPA, 2019.

VASCONCELOS, A. F. S.; AMARAL, M. D. B. **A produção do espaço urbano na Ilha de Caratateua, Belém-PA: conflitualidades, conjuntura habitacional e transformações recentes**. Brazilian Journal of Development, 7(2), 19140-19159, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-522

VIDAL, B. S.; SILVA NETO, J. C. A.; ALEIXO, N. C. R. **Análise temporal da cobertura vegetal e uso da terra na Rodovia BR-174: entre Manaus-AM e Presidente Figueiredo-AM**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, 14 (3), 64-78, 2018. DOI: 10.17271/1980082714320181941