



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA PI – CAMPUS CENTRAL
CURSO GEOPROCESSAMENTO**

REJANE RODRIGUES DA SILVA

**MONITORAMENTO MULTITEMPORAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO EM
TRECHO DO RIO PARNAÍBA, UTILIZANDO ÍNDICE NDWI**

TERESINA-PI

2024

REJANE RODRIGUES DA SILVA

**MONITORAMENTO MULTITEMPORAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO EM
TRECHO DO RIO PARNAÍBA, UTILIZANDO ÍNDICE NDWI.**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina-PI(Central).

Orientador: Prof^o. Me. Antônio Celso de Sousa Leite.

TERESINA-PI

2024

MONITORAMENTO MULTITEMPORAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO EM TRECHO DO RIO PARNAÍBA, UTILIZANDO ÍNDICE NDWI.

Rejane Rodrigues da Silva¹
Antônio Celso de Sousa Leite²

RESUMO

O estudo busca avaliar a resposta espectral do índice NDWI do Rio Parnaíba perímetro localizado entre as pontes Governador José Sarney e Engenheiro Antonio Noronha, situado na zona urbana, entre os municípios de Teresina-PI e Timon-MA, possuindo uma área 1,47 km², entre os anos de 2015 a 2019, com a finalidade de acompanhar a deposição dos resíduos sólidos no período estudado. As cenas usadas para o estudo foram do satélite LANDSAT 8, sensor OLI, órbita/ponto 219/64. Nele, foram estabelecidas quatro classes denominadas como: Vegetação Densa, Vegetação Rasteira, Areia e Água, apresentando diferenças em todas as classes analisadas, principalmente na de água, onde apresentou uma redução de 0,11 km² e areia, e um aumento na Vegetação Densa, de 0,093 km². Para corroborar com os resultados obtidos, fez-se uso do índice Kappa, atrelada à aplicação de Classificação Supervisionada, obtendo valores entre 0,68(68%) e 0,77(77%), estando estes considerados muito bons. O estudo mostrou-se eficiente para discriminar as diferentes fisionomias, com baixo custo e rapidez. As divergências entre as datas de aquisições das imagens não apresentaram mudanças nos quocientes, pois a pluviometria não representa alteração nos resultados.

Palavras-chave: índice ndwi; classificação supervisionada, imagens landsat 8; sensor oli.

ABSTRACT

The study seeks to evaluate the spectral response of the NDWI index of the Parnaíba River perimeter located between the Governador José Sarney and Engenheiro Antonio Noronha bridges, located in the urban area, between the municipalities of Teresina-PI and Timon-MA, having an area of 1.47 km², between the years 2015 and 2019, with the purpose of monitoring the deposition of solid waste during the training period. The scenes used for the study were from the LANDSAT 8 satellite, OLI sensor, orbit/point 219/64. In it, four classes were predicted: Dense Vegetation, Undergrowth, Sand and Water, showing differences in all classes highlighted, mainly in water, where there was a reduction of 0.11 km² and sand, and an increase in Dense Vegetation. , of 0.093 km². To corroborate the results obtained, the Kappa index was used, linked to the application of Supervised Classification, obtaining values between 0.68 (68%) and 0.77 (77%), which are considered very good. The study proved to be efficient in discriminating different physiognomies, with low cost and speed. The discrepancies between the image

1. Graduanda em Tecnologia em Geoprocessamento. Instituto Federal do Piauí - IFPI. Rejaneffa@hotmail.com
2. Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – UFPE. Professor em Instituto Federal do Piauí – IFPI. Antonio.celso@ifpi.edu.br

acquisition data do not present changes in the quotients, as the rainfall does not represent a change in the results.

Keywords: ndwi index; supervised classification, landsat 8 images; oli sensor.

Data de aprovação: 03/12/2024

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo uso dos recursos naturais foi acompanhada nas últimas décadas pela preocupação com a quantidade e a qualidade desse recurso (Silva, 2017). Imagens orbitais e aerotransportadas são corriqueiramente utilizadas, com base em seus valores de reflectância da água, para mapeamento e delineamento de corpos d'água, verificação e controle da qualidade física da água, mensuração de turbidez e da concentração de sedimentos, detecção e classificação de plantas aquáticas, bem como a estimativa de profundidade, possibilitando a confecção de cartas de navegação confiáveis e atualizadas (Carvalho, 2000).

Para Leite (2017), as técnicas de Sensoriamento Remoto têm sido amplamente utilizadas. O usufruto de imagens orbitais para realização destes estudos, permite uma diminuição dos custos, maior rapidez e constância no acesso aos dados e ainda possibilita uma avaliação espacial ampla, analisando com maior precisão e detalhamento as relações entre os corpos d'água e os outros elementos presentes na região (Borges, 2015). Essa ferramenta assume papéis importantes no mapeamento, aferir diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, servindo de suporte para monitoramento das mudanças climáticas e possibilitando a tomada de decisão para preservação ambiental (MOREIRA, 2003).

Dentre os métodos e técnicas de processamento de imagens de sensoriamento remoto voltadas à análise hidrológica, destaca-se aqui o Índice da Diferença Normalizada de Água (Normalized Difference Water Index – NDWI), um método desenvolvido por McFeeters (1996) com o intuito de delinear feições presentes no ambiente aquático, e realçar a presença das mesmas nas imagens. McFeeters (1996) modificou a fórmula do NDWI invertendo as variáveis e usando a banda verde ao invés da banda vermelha, a fim de obter melhores resultados voltados à água.

Considerando assim o NDWI como ferramenta para delinear características da água, este trabalho propõe avaliar o potencial deste índice, extraído a partir de imagens do sensor Landsat 8, na identificação e mapeamento dos fluxos de sedimentos em suspensão do Rio Parnaíba, que corta, entre muitos estados, os municípios de Timon-MA e Teresina PI, ao longo da Zona urbana, onde observou-se um aumento da deposição de sedimentos.

Estes resíduos causam assoreamentos de margens, mudança de leitos de rios e se depositam no fundo de reservatórios, diminuindo a capacidade dos mesmos. Os sólidos em suspensão também se relacionam diretamente com a qualidade da água, pois podem alterar a turbidez e o oxigênio dissolvido, bem como serem vias de transporte de poluição, segundo Paiva (2022), também degrada a qualidade da água

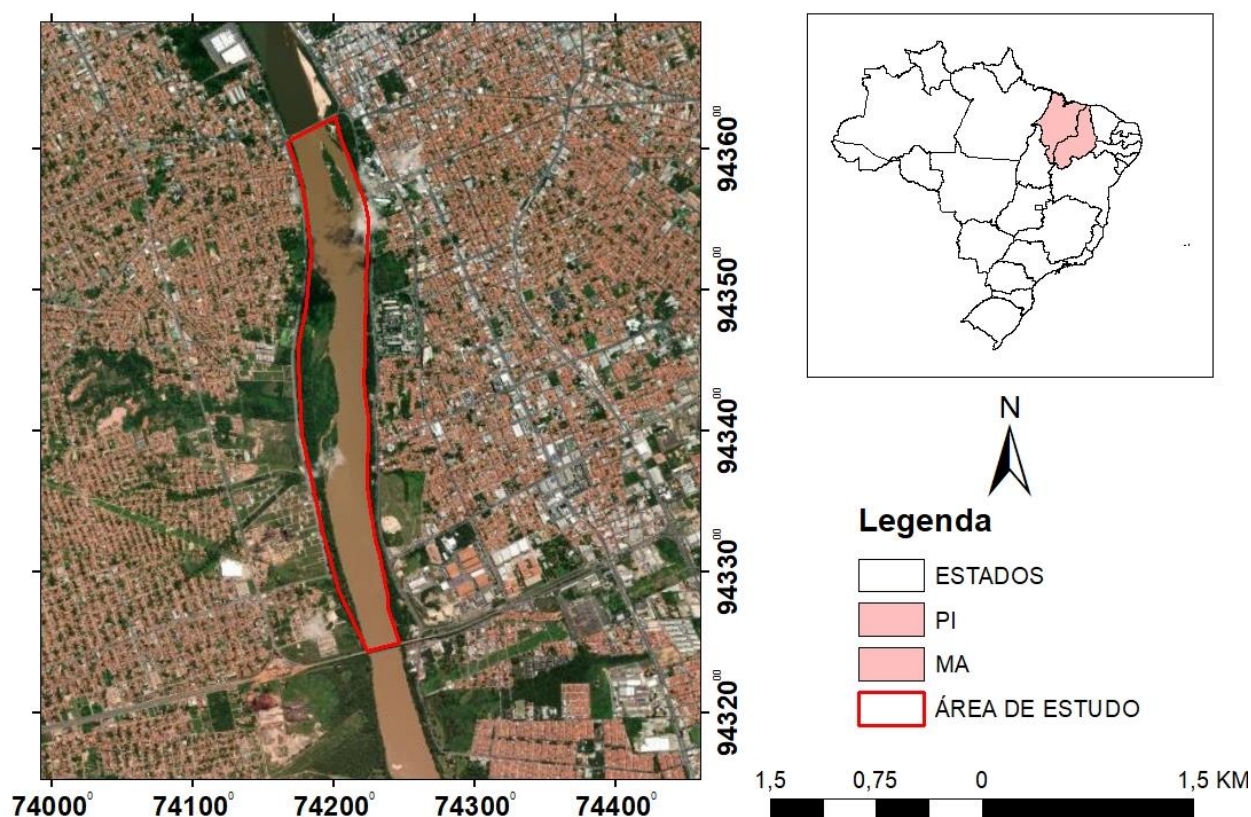
para consumo humano, recreação, uso industrial, além de ocasionar perdas à biodiversidade, por Marques (1949).

2 ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo foi utilizada uma fração do Rio Parnaíba, correspondente ao perímetro localizado entre as pontes Governador José Sarney e Engenheiro Antonio Noronha, situado na zona urbana, entre os municípios de Teresina-PI e Timon-MA, possuindo uma área 1,47 km².

O rio supracitado nasce na Chapada das Mangabeiras, com limite territorial entre os estados do Piauí, Maranhão, Tocantins e Bahia, com extensão aproximada de 1.344 km. Com principais afluentes pela margem direita composta pelos rios do Longá, Poti, Canindé e Gurguéia, e margem esquerda, o rio das Balsas (MMA, 2006).

Figura 1: Mapa de localização.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

Ao apresentar a análise pluviométrica, afim de agregar informação ao estudo, foram utilizados mapas de Precipitação Observada, com Classificação por Quantis, disponibilizado pela Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC.

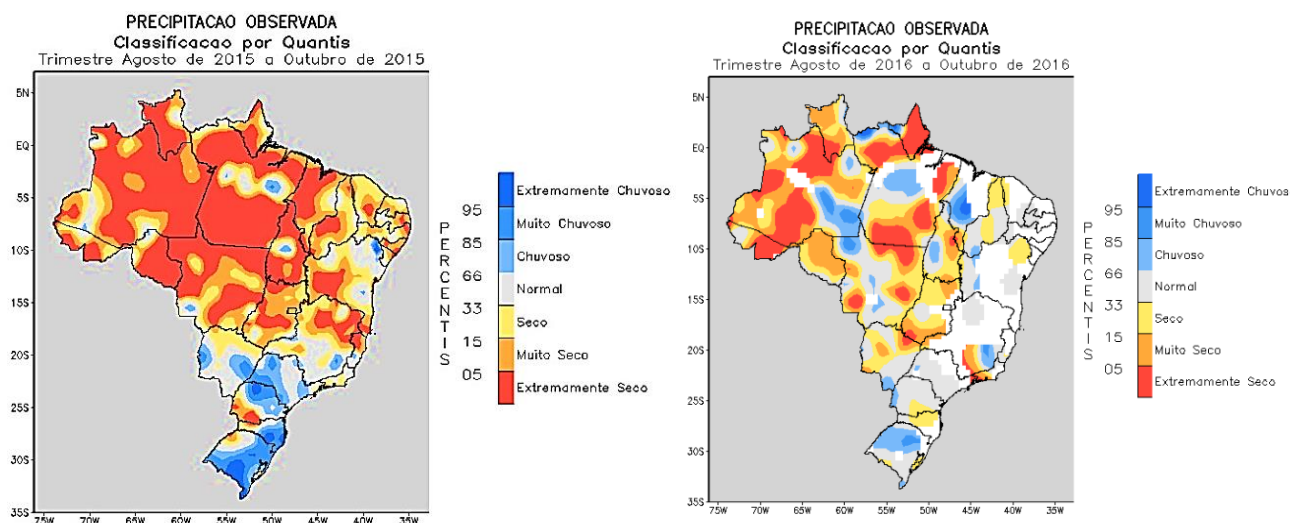
De forma simplificada, a Classificação por Quantis permite definir limites dentro de um conjunto de dados que indicam qual posição um determinado valor está em relação aos demais dados históricos, ou seja, permite dizer se o dado está mais próximo do menor, do maior ou da média por exemplo. Geralmente utilizado para divisão de dados proporcionalmente em intervalos percentuais (APAC, 2024).

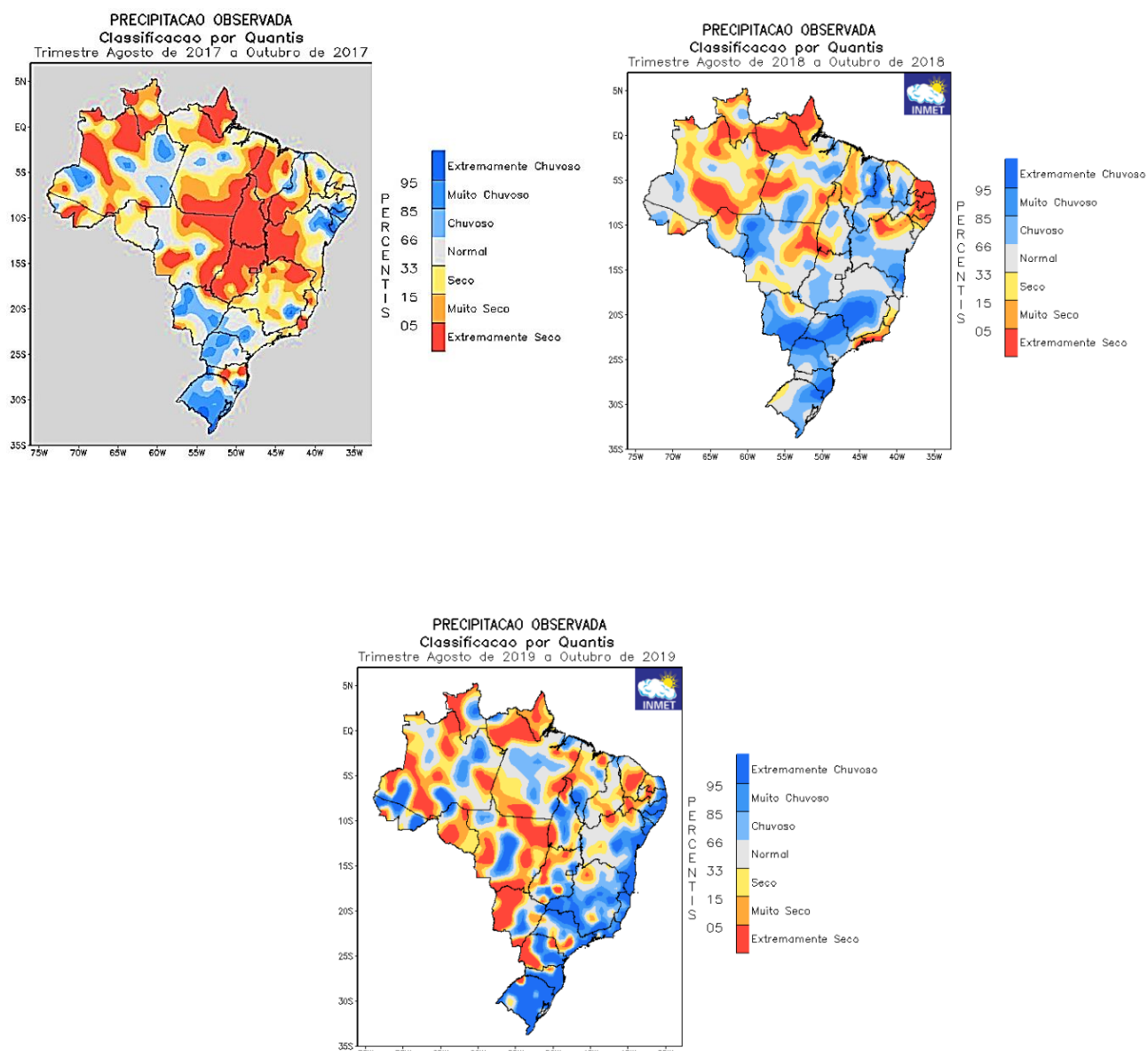
Para o método de cálculo o do cientista Pinkayan (1966) desenvolveu seu estudo com base nas ordens quantílicas $p = 15\%$; 35% ; 65% ; 85% com o intuito de delimitar as categorias muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso, respectivamente, possibilitou a determinação da seguinte classificação dos dados:

$$\begin{aligned} \text{Muito Seco (MS)} &\leftrightarrow X_i \leq Q_{0,15}; \\ \text{Seco (S)} &\leftrightarrow Q_{0,15} < X_i \leq Q_{0,35} \\ \text{Normal (N)} &\leftrightarrow Q_{0,35} < X_i < Q_{0,65} \\ \text{Chuvoso (C)} &\leftrightarrow Q_{0,65} \leq X_i < Q_{0,85} \\ \text{Muito Chuvoso (MC)} &\leftrightarrow X_i \geq Q_{0,85} \end{aligned}$$

Os mapas abaixo correspondem a representação da precipitação relativa a igual período de 3 meses (agosto a outubro) para os anos de 2015 a 2019, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2024). Consistem em Mapas para todo o território nacional, apresentando a diferença ponto a ponto entre a precipitação total registrada no trimestre, como mostra a figura 2.

Figura 2: Precipitação Observada para os meses de agosto a outubro, anos 2015 a 2019.





Fonte: APAC, acessado em 2024

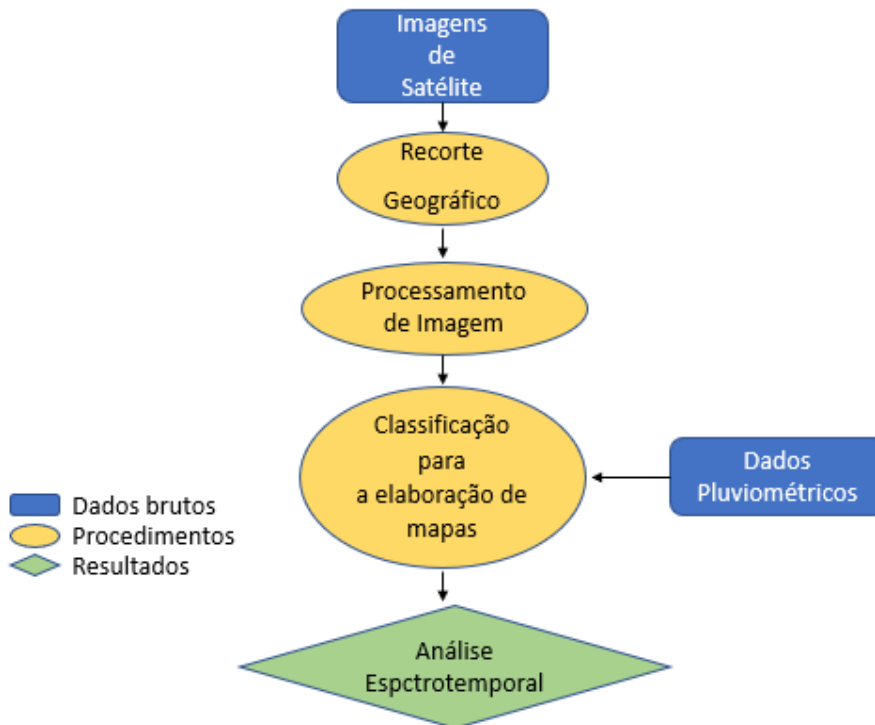
3.2 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

O Processamento Digital de Imagens corresponde a técnicas presentes no Sensoriamento Remoto com o intuito de melhorar ou extrair certas características estruturais presentes na imagem, visando preparar a imagem para operações automatizadas auxiliando na interpretação da mesma.

Pode ser dividido em três etapas independentes: pré-processamento, realce e classificação (Almeida, 2016).

A Figura 3 apresenta um fluxograma geral com as etapas do processamento dos dados para obter os resultados apresentados.

Figura 3: Fluxograma desenvolvido para a metodologia do trabalho



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos. O realce pode ser efetuado através do contraste, da filtragem, de operações aritméticas e outras transformações na imagem.

Já as técnicas de classificação permitem a extração de informações através de processamento digital de imagens (Cinquini e Azevedo, 2012).

As técnicas de classificação de imagens são tradicionalmente divididas em classificação supervisionada e classificação não supervisionada (Figueiredo e Carvalho, 2006), porém o advento das imagens de alta resolução espacial intensificou estudos de técnicas alternativas, das quais destaca-se a classificação orientada a objetos (NOBREGA et al, 2006).

Conforme Lillesand e Kiefer (1994), um procedimento comum em aplicações de PDI, consiste na transformação radiométrica que visa normalizar as condições de aquisição das imagens.

Para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se imagens do sensor OLI/LDCM (Landsat-8), órbita/ponto 219/64, com data de passagem do satélite em 25 de outubro de 2015, 11 de outubro de 2016, 14 de outubro de 2017, 02 de outubro de 2018 e 05 de outubro de 2019, respectivamente. O sensor OLI, em órbita no LDCM, tem resolução temporal de 16 dias, resolução radiométrica de 12 bits, escalonados posteriormente para 16 bits, e apresenta nove diferentes bandas espectrais que têm diferentes características espectrais e espaciais, exposto pela figura 4.

Figura 4: Dados do Landsat-8.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) AZUL COSTEIRO	0.43 - 0.45 μm	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) AZUL	0.45 - 0.51 μm				
	(B3) VERDE	0.53 - 0.59 μm				
	(B4) VERMELHO	0.64 - 0.67 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.85 - 0.88 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.57 - 1.65 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.11 - 2.29 μm				
	(B8) PANCROMÁTICA	0.50 - 0.68 μm	15 m			
	(B9) CIRRUS	1.36-1.38 μm	30 m			
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) INFRAVERMELHO TERMAL	10.6-11.19 μm	100 m			
	(B11) INFRAVERMELHO TERMAL	11.5-12.51 μm	100 m			

Fonte: INPE, acessado em 2024.

Após a aquisição da imagem de satélite iniciou-se o processo de correção geométrica do arquivo. Em seguida a composição RGB, utilizou-se como fonte às bandas 2, 3 e 4 (banda 2-B, banda 3-G e banda 4-R).

A classificação de imagens em sensoriamento remoto é a identificação de feições na imagem, isto é, a tradução dos diversos padrões de energia eletromagnética refletida em classes de cobertura terrestre. A classificação supervisionada é o procedimento utilizado com maior frequência para análise quantitativa de dados de imagens de sensoriamento remoto. Neste processo são utilizados algoritmos para nomear os pixels em uma imagem de forma a representar tipos específicos de cobertura terrestre (LILLESAND e KIEFER, 1994).

O índice de diferença normalizada da água (NDWI), foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos), permitindo, segundo McFeetrs (1996) o seguinte: a) maximizar a reflectância típica da água utilizando o comprimento de onda do verde; b) minimizar a baixa reflectância dos corpos de água no infravermelho próximo; e c) realçar o contraste entre a água e a cobertura vegetal, proporcionada pelo infravermelho próximo.

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

A acurácia do Índice de Diferença Normalizada foi avaliada por meio do coeficiente Kappa, que consiste em uma medida de associação usada para descrever e testar o grau de concordância (confiabilidade e precisão) na classificação (Kotz, 1983).

Conforme LANDIS E KOCH, 1977, calculado a partir da seguinte equação:

$$Kappa = \frac{N \cdot (\sum x_{ii} \cdot r_{i=1}^r) - \sum (x_{i+} \cdot r_{i=1}^r \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum (x_{i+} \cdot r_{i=1}^r \cdot x_{+i})}$$

Em que: r = número de linhas na matriz; x_{ii} = número de observações no i-ésimo elemento da diagonal principal;

x_{i+} e x_{+i} = totais marginais da linha [i] e coluna [i], respectivamente; N = número total de observações.

O valor do coeficiente Kappa varia entre 0 e 1. O valor 1 corresponde uma aceitação total entre o resultado da classificação das amostras de treinamento e os dados de referência, exposto pela figura 05.

Figura 05: Qualidade do Índice Kappa.

VALOR DE k	QUALIDADE DA CLASSIFICAÇÃO
$k = 0,0$	Péssima
$0,0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Boa
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito boa
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

As imagens foram obtidas através do banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para o processamento das imagens (aplicação do NDWI) e elaboração de layout foi usado o software QGIS 3.18, disponibilizado com licença de código aberto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação do índice NDWI para as imagens referentes aos anos 2015 a 2019, apresentou os valores mínimos e máximos, destes, foram definidos 4 intervalos, representando as classes adotadas na classificação supervisionada, para comparação, com o intuito de testar a acurácia do estudo. As classes adotadas foram Água, Areia, Vegetação Densa e Vegetação Rasteira. A tabela 1 apresenta os intervalos dos NDWI atribuídos às classes da classificação:

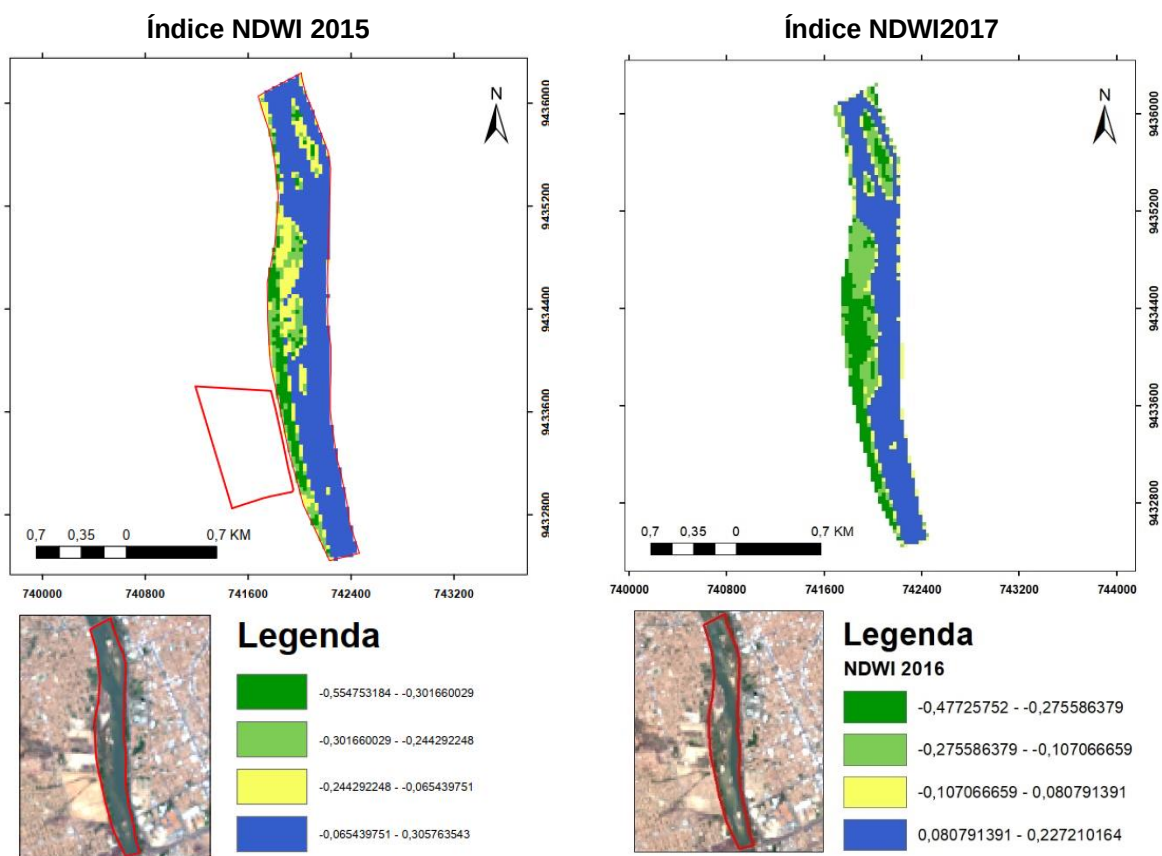
Tabela 1: Intervalo do Índice NDWI e Classes da Classificação Supervisionada

Classe	Intervalo 2015	Intervalo 2016b	Intervalo 2017	Intervalo 2018	Intervalo 2019
Vegetação Densa	-0,554753184 a - 0,301660029	-0,47725752 a - 0,275586379	-0,557627797 a - 0,322973426	-0,509771168 a - 0,307995712	-0,525617659 a - 0,328747064
Vegetação Rasteira	-0,301660029 a - 0,244292248	-0,275586379 a - 0,107066659	-0,322973426 a - 0,259281525	-0,307995712 a - 0,153388544	-0,328747064 a - 0,143808021
Areia	-0,244292248 a - 0,065439751	-0,107066659 a 0,080791391	-0,259281525 a - 0,081614643	-0,153388544 a 0,024802768	-0,143808021 a 0,070959901
Água	-0,065439751 a 0,305763543	0,080791391 a 0,227210164	-0,081614643 a 0,297184557	0,024802768 a 0,158446252	0,070959901 a 0,23501873

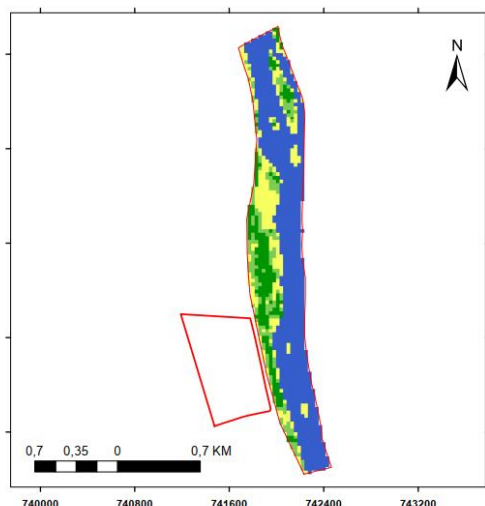
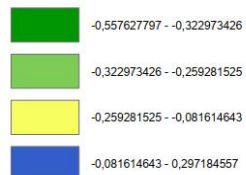
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

As figuras 6 e 7 apresentam os resultados gráficos para cada classe.

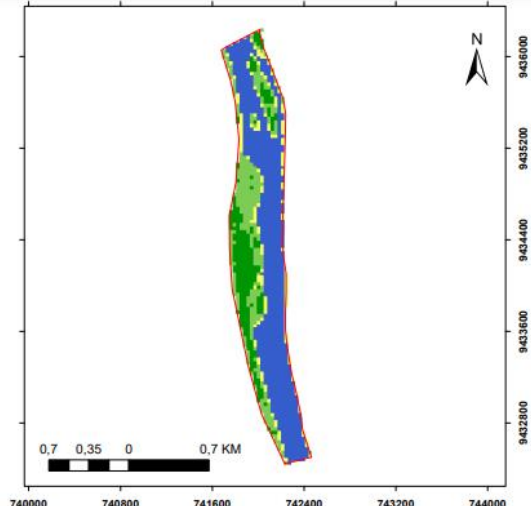
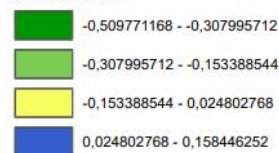
Figura 6: Índice NDWI do recorte para os anos de 2015 a 2019.



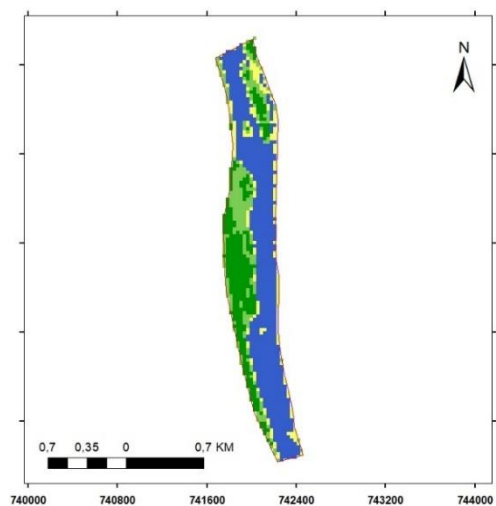
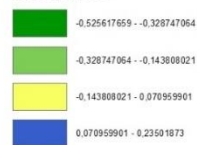
Índice NDWI 2017

**Legenda**

Índice NDWI2018

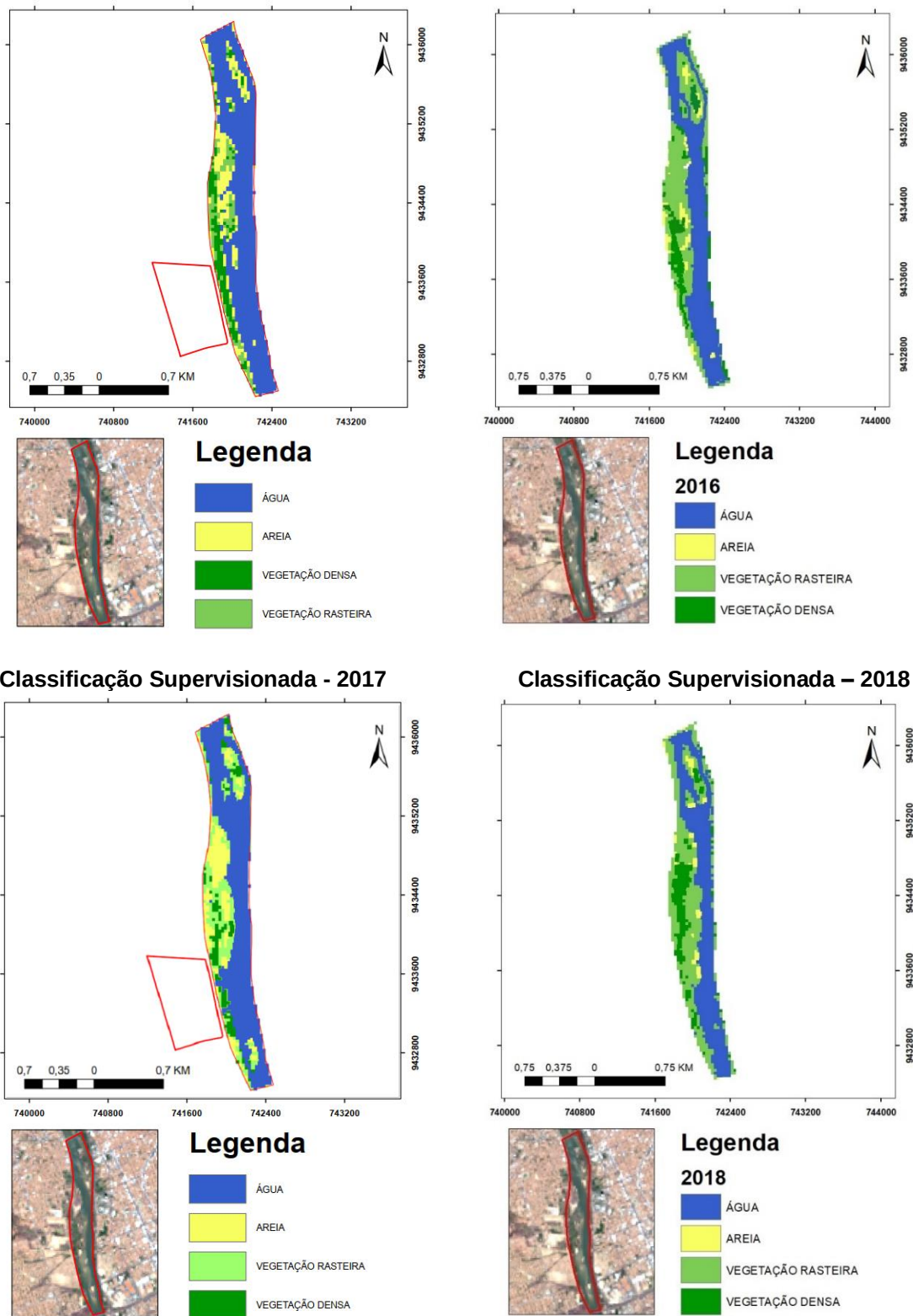
**Legenda****NDWI 2018**

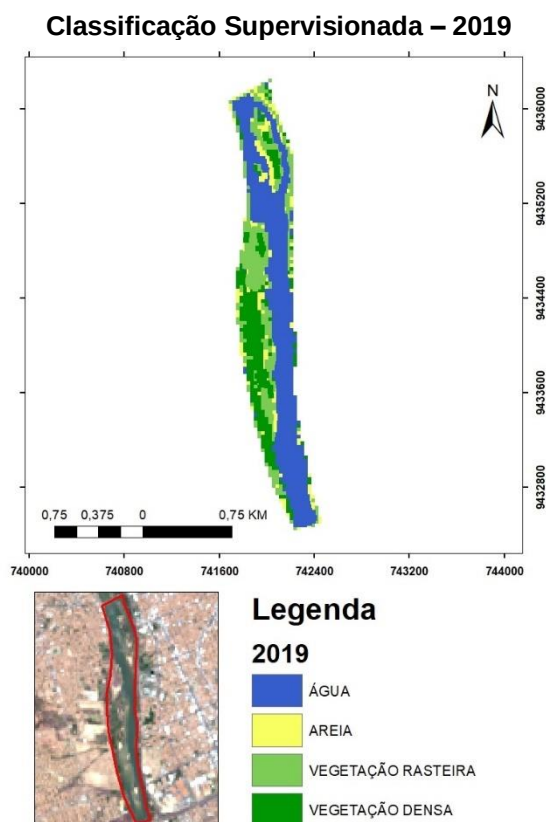
Índice NDWI2019

**Legenda****NDWI 2019**

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 7: Mapa de Classificação Supervisionada do recorte para os anos de 2015 a 2019.
Classificação Supervisionada - 2015 **Classificação Supervisionada - 2017**





Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

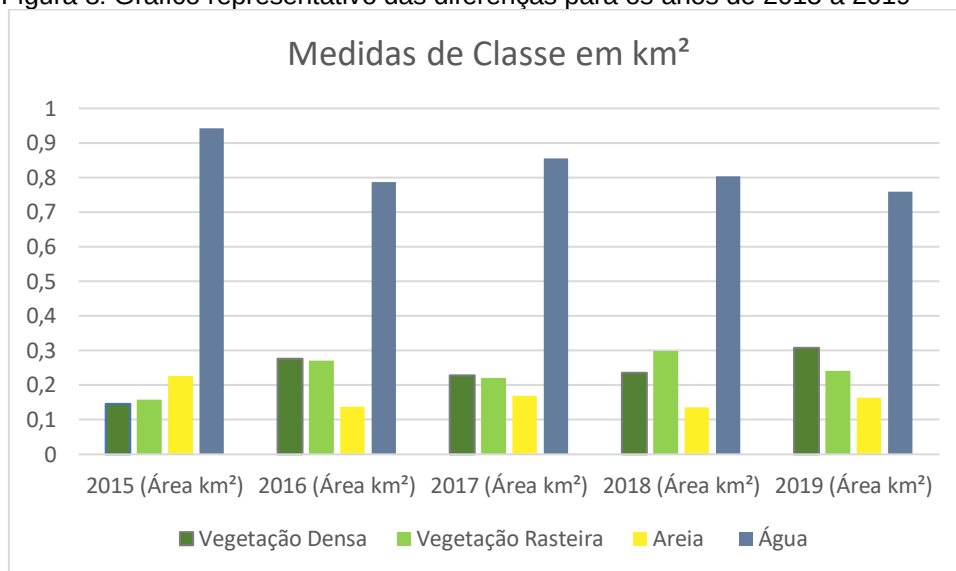
A partir do índice foi possível avaliar que os resultados gerados a partir dos valores médios comparados ao primeiro ano de estudo, destacaram-se valores aumentados em 2 classes, sendo elas: vegetação densa, com aumento de 0,09328 km² e vegetação rasteira, com aumento de 0,0789 km². Para areia identificou-se uma redução de 0,05968 km², bem como a água apresentou uma perda de 0,1125 km², conforme apresentado na tabela e figura abaixo:

Tabela 2: Medidas de Classe em km².

Classe	2015 (Área km ²)	2016 (Área km ²)	2017 (Área km ²)	2018 (Área km ²)	2019 (Área km ²)	Média	Diferença
Vegetação Densa	0,1458	0,2772	0,2279	0,2358	0,3087	0,23908	0,09328
Vegetação Rasteira	0,1589	0,27	0,221	0,2979	0,2412	0,2378	0,0789
Areia	0,2256	0,1377	0,1684	0,135	0,1629	0,16592	-0,05968
Água	0,9421	0,7875	0,8551	0,8037	0,7596	0,8296	-0,1125

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 8: Gráfico representativo das diferenças para os anos de 2015 a 2019



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O cálculo para acurácia do Índice de Diferença Normalizada, avaliado pelo coeficiente Kappa apresentou os seguintes resultados:

Tabela 3: Resultado do Coeficiente Kappa

	Acurácia	Classificação
2015	0,7348 – 73%	Muito boa
2016	0,6826 – 68%	Muito boa
2017	0,7348 – 73%	Muito boa
2018	0,7225 – 72%	Muito boa
2019	0,7658 – 77%	Muito boa
2020	0,7743 – 77%	Muito boa

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

As imagens foram adquiridas durante o período de estiagem, uma informação de extrema importância quando se trabalha com uso e ocupação do solo. Não foram registradas chuvas 10 dias antes da aquisição da imagem, não representando mudança nesse artigo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que a metodologia proposta nesta pesquisa para avaliar resposta espectral do índice se mostrou adequada, apresentando no avaliador estatístico Kappa valores entre 0,6826 e 0,7743, permanecendo entre os intervalos considerados muito bons. Percebe-se que todas as classes apresentaram modificação ao longo do período de estudo. Os resultados

obtidos corroboram com a hipótese levantada demonstrando que a paisagem observada ao transitar às margens do rio realmente sofreu aumento dos sedimentos suspensos, tal análise pode embasar um estudo mais detalhado sobre o mesmo e podendo ser utilizado como ferramenta para mapeamentos rápidos e com baixo custo.

Estes métodos obviamente não substituem o monitoramento convencional, em campo, porém trazem a possibilidade de que, com o avanço destes estudos, áreas de difícil acesso, e sem cobertura da rede de monitoramento atual, possam vir a ser acompanhadas de maneira remota.

REFERÊNCIA

SILVA, B. M.; HERREROS, M.M.A.G; BORGES F. Q. Gestão Integrada dos Recursos Hídricos como Política de Gerenciamento das Águas no Brasil. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, v. 10, n 1, p. 101-115, janeiro-março, 2017.

CARVALHO N.O.; Filizola N.P. ; Santos P.M.C.; Lima, J.E.F.W. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. (2000) 154 p.

LEITE, A.C.S.; Oliveira L., M. M.; Bezerra, U.A.; Almeida, D. N. O.; Candeias..B A.C., Tavares. J. R. Comparison of methods of Humidity Index processing in the Irrigated Perimeter Nilo Coelho, Northeast of Brazil. Journal of Hyperspectral Remote Sensing v.7, n.6 (2017) 315-323.

BORGES, R. O.; Camargo, F. F.; Campagnoli, F.; Bayer, M. Aplicação do índice da diferença normalizada da água (NDWI) na delimitação de fluxos de sedimentos em suspensão no Rio Araguaia: avaliação das imagens Landsat 8 para o monitoramento hidroviário. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, p.6022-6029, 2015.

MOREIRA, m. a. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação. Viçosa: Ed. UFV, 2003.307 p.

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996.

Paiva, Roberto Fernandes de, Estudo do Transporte de Sedimentos em Suspensão no Trecho Baiano do Médio São Francisco, IV Seminário Nacional Do Profágua - Brasília-DF, 2022;

MARQUES, J. Q. A. Política de conservação do solo. Boletim do Serviço de Informação

Agrícola - S. I. A., v. 734, 1949, p. 73.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba. Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.

Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, Método dos Quantis, Online. Disponível em: < <http://www.apac-homo.pe.gov.br> > Acesso em: 19 de novembro de 2024.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area. Boulder-CO: Colorado State University, 1966. Hydrology Papers, 12.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Online. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/prec>> Acesso em: 19 de novembro de 2024;

ALMEIDA, J. W. L., Métodos de Sensoriamento Remoto no Mapeamento de Veredas na APA Rio Pandeiros, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2016.

CINQUINI, J.; Azevedo, A. Estimativa de áreas alagadas no período de seca e cheia em ottobacia no município de Corumbá/MS, utilizando NDVI, NDWI e atributos de textura em imagens Landsat/TM. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4, 2012, Bonito/MS, Anais... Brasília: EMBRAPA, 2012. Artigosp. 71-80. CDRom, Online. Disponível em: <<http://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2012/cd/geopantanal.pdf>> Acesso em: 20 de novembro de 2022.

FIGUEIREDO, S. M. M.; CARVALHO, L. M. T. Avaliação da exatidão do mapeamento da cobertura da terra em Capixaba, Acre, utilizando classificação por árvore de decisão. Cerne, Lavras. v.12, n.1, p.38-47, 2006.

NOBREGA, R. A. A.; OHARA, C. G.; QUINTANILHA, J. A. Detecting roads in informal settlements surrounding Sao Paulo city by using object-based classification (aceito). In: OBIA'06 - 1st International Conference on Object-Based Image Analysis, 2006. Salzburg: Universität Salzburg, 2006.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. Remote sensing and image interpretation. 3. ed. United States of America: John Wiley & Sons, 1994. 1040 p. (ISBN 8535211772).

KOTZ S, Johnson NL. Encyclopedia of statistical sciences. New York: John Wiley & Sons; 1983. v.4, p.352-4.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.