



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

*Northeast Geosciences Journal*

v. 8, n° 2 (2022)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27163>



## Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas no reservatório de Santa Cruz – Apodi/RN

### *Remote sensing applied to the monitoring of macrophytes in the Santa Cruz reservoir – Apodi/RN*

Alex Pinheiro Fetosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Pau dos Ferros/RN, Brasil. E-mail: alex.fetosa@ufersa.edu.br  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6480-1593>

**Resumo:** Este trabalho objetivou avaliar a distribuição espacial e temporal por meio de técnicas de sensoriamento remoto e a quantificação da existência de macrófitas aquáticas no espelho d'água na barragem de Santa Cruz no Rio Grande do Norte, nos anos de 2015, 2016 e 2017. O estudo foi desenvolvido no período de baixa pluviosidade, por meio do uso técnicas de geoprocessamento, mais especificamente do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e classificação supervisionada Minimum Distance (Distância Mínima). Para elaboração dos mapas e gráficos, foram realizadas as seguintes ações: seleção das imagens do satélite LANDSAT-8/OLI, calibração radiométrica, correção atmosférica, reprojeção, definição do limite, recorte da área, NDVI e classificação supervisionada. Os produtos obtidos através da classificação supervisionada, subsidiada pelos mapas de NDVI, indicaram para um aumento de 32 % na área ocupada por macrófitas aquáticas de 2015 e 2016, enquanto que foi observada uma diminuição de 38 % entre os anos de 2016 e 2017.

**Palavras-chave:** Distribuição espacial e temporal; Classificação supervisionada ; Imagens de Satélite.

**Abstract:** This study aimed to evaluate the spatial and temporal distribution through remote sensing techniques and the quantification of the existence of aquatic macrophytes in the water mirror of the Santa Cruz dam in Rio Grande do Norte, in 2015, 2016 and 2017. The study was developed during the period of low rainfall, using geoprocessing techniques, more specifically the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and supervised Minimum Distance classification. For the preparation of maps and graphics, the following actions were carried out: selection of images from the LANDSAT-8/OLI satellite, radiometric calibration, atmospheric correction, reprojection, definition of the boundary, area cut, NDVI and supervised classification. The products obtained through the supervised classification, subsidized by the NDVI maps, indicated an increase of 32% in the area occupied by aquatic macrophytes in 2015 and 2016, while a decrease of 38% was observed between the years 2016 and 2017.

**Keywords:** Spatial and temporal distribution; Supervised classification; Satellite Images.

Recebido: 03/11/2021; Aceito: 27/06/2022; Publicado: 09/09/2022.

## 1. Introdução

Macrófitas ou hidrófitas são vegetais que vivem em sistemas aquáticos continentais, com folhas imersas, flutuantes ou emersas (APARÍCIO; BITENCOURT, 2015). As mesmas, por habitarem sistemas aquáticos propensos à interferência antrópica e se utilizarem de nutrientes dispersos na água para aumentar sua biomassa, podem se reproduzir a ponto de interferirem de forma positiva ou negativa em alguns sistemas aquáticos. Um exemplo de interferência positiva é o uso de macrófitas para o tratamento de esgoto, pois elas retiram os nutrientes que estão em excesso (SCHILLER et al., 2016;

FRANÇA et al., 2014; CAMARA et al., 2013). A interferência negativa acontece quando ocorre uma demasiada reprodução de macrófitas, por exemplo, em reservatórios construídos para diversos fins, nos quais um dos problemas habituais é a eutrofização.

Nesse contexto, a ação antrópica em represar os corpos hídricos, associada ao lançamento de efluentes doméstico e industrial, além da erosão de solos agricultáveis, tem provocado a eutrofização dos corpos hídricos. Dessa forma, uma das alterações provocadas é o aumento da área ocupada por macrófitas, tendo em vista uma maior quantidade de nutrientes disponíveis no meio e desta forma podendo comprometer os usos múltiplos dos recursos hídricos.

Entretanto, Luo et al. (2015) fazem uma ressalva que, em grandes reservatórios, o monitoramento de macrófitas aquáticas, abordando a dinâmica de distribuição e as tipologias, é uma operação morosa e onerosa se realizada a partir de métodos convencionais de pesquisa. Além disso, estes organismos podem ocupar lugares de difícil acesso, que eleva ainda mais as dificuldades no mapeamento de sua distribuição e no monitoramento de seu crescimento (ZHAO et al., 2012).

Diante disso, Silva et al. (2011) afirmam que o monitoramento por meio do sensoriamento remoto em locais de difícil acesso, como em planícies de inundações, se torna uma ferramenta muito importante para os estudos e acompanhamento do crescimento das comunidades de macrófitas aquáticas.

Rosa (2003) ressalta que a utilização do sensoriamento remoto como ferramenta para visualização de dados da terra permite verificar controle de inundações e avaliar impactos ambientais. Da mesma maneira que para os diferentes alvos da superfície terrestre, variações na resposta espectral da água podem ser registradas em imagens de sensoriamento remoto, adquiridas por sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (CRUZ; GALO, 2005).

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a distribuição espacial e temporal por meio de técnicas de sensoriamento remoto e a quantificação da área ocupada por macrófitas aquáticas no espelho d'água na barragem de Santa Cruz no Rio Grande do Norte.

## 2. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido no reservatório de Santa Cruz (**Figura 1**) que está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Apodi/Mossoró seção da Barragem de Santa Cruz ocupando uma área de aproximadamente 4.264 km<sup>2</sup> e distante cerca de 20 km do município de Apodi-RN abrangendo cerca de 32 dos 62 municípios da mesorregião Oeste Potiguar. Com uma capacidade de armazenamento hídrico de 599,7 hm<sup>3</sup>, o reservatório Santa Cruz, construído no ano de 2002 localiza-se no exutório da bacia (ANA, 2017).

O clima predominante na região é quente e seco – tipo BSw<sup>h</sup>, segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2014), com precipitação média anual de aproximadamente 700 mm, os solos da região são predominantemente rasos e derivados de rochas sedimentares (IDEMA, 2008).

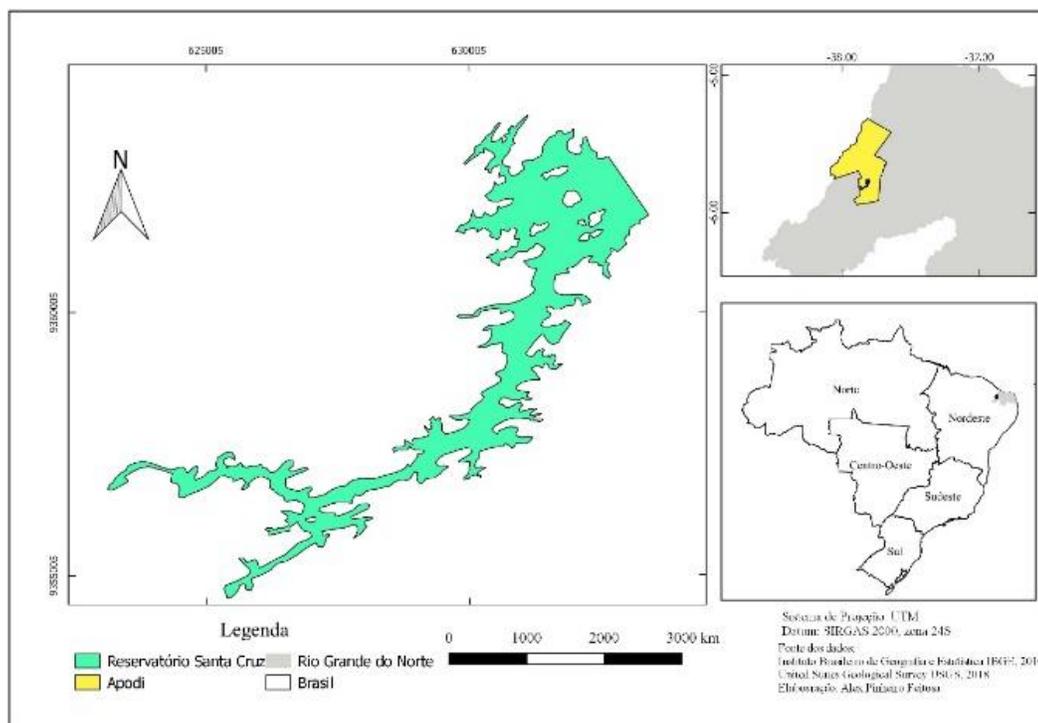


Figura 1 – Localização do Reservatório de Santa Cruz  
Fonte: Feitosa, (2018).

Foram utilizadas imagens captadas pelo satélite LANDSAT-8/OLI, referentes aos anos de 2015 (04/10/2015), 2016 (20/09/2016) e 2017 (25/10/2017), sendo escolhidas apenas no período de baixa pluviosidade período seco, pois de acordo com Minihoni et al. (2017) durante a estação seca há uma maior proliferação de macrófitas aquáticas. Para o processamento das imagens foi utilizado o Software QGIS Versão 2.14 Essen, pois o mesmo produz resultados satisfatórios e sobretudo trata-se de um software livre. Todas as imagens foram disponibilizadas de maneira gratuita pelo USGS (2015). Na Tabela 1 são apresentadas as principais características das imagens selecionadas, com órbita/ponto 216/64 e resolução espacial de 30 metros.

Tabela 1 – Características das imagens do sensor OLI do satélite LANDSAT-8: NASA (2015)

Características das imagens do sensor OLI		
Banda	Faixa Espectral	Comprimento de Onda (µm)
Banda 2	Azul	0,45-0,51
Banda 3	Verde	0,53-0,59
Banda 4	Vermelho	0,53-0,59
Banda 5	Infravermelho Próximo	0,85-0,88
Banda 6	Infravermelho de ondas curtas 1	1,57-1,65
Banda 7	Infravermelho de ondas curtas 2	2,11-2,29
Banda 8	Panromática	0,50 – 0,68

Fonte: Feitosa (2018).

A metodologia empregada no trabalho, segue as recomendações das sequências principais até a obtenção dos produtos finais indicadas por Minihoni, et al. (2017). A Figura 2, apresenta um Fluxograma da mesma.

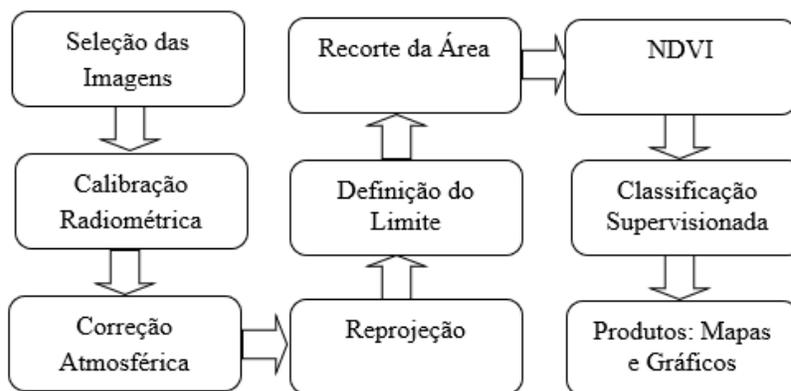


Figura 2 – Fluxograma da metodologia empregada.  
Fonte: Minhoni, et al. (2017)

De acordo com Soares et al (2015), as partículas presentes na atmosfera, como aerossóis, poeiras, moléculas de diversos gases com diferentes tamanhos interferem na radiação que chega aos alvos terrestres ou ao sensor. Portanto os processos de correções atmosféricas são considerados essenciais para o processamento de imagens orbitais, pois busca minimizar a influência dos fatores que compõem a atmosfera terrestre melhorando a qualidade das informações contidas nas imagens (BATISTA & DIAS, 2015). Além disso, Novo (2008) afirma que quando objetiva-se realizar comparações entre imagens de diferentes datas, é importante que se realize a correção atmosférica.

Desta forma, como a presente pesquisa realizou a comparação entre imagens de satélites de diferentes anos, realizou-se a correção atmosférica por meio do método Dark Object Subtration (DOS1), desenvolvido por Chavez Jr. (1988). Esta etapa foi realizada concomitantemente com a etapa de calibração radiométrica, que primeiramente consiste na conversão de números digitais (ND) para radiância e, posteriormente para reflectância (SOARES et al., 2015).

Como as imagens obtidas estão projetadas para o hemisfério norte, foi necessária a reprojeção das mesmas para o hemisfério sul. Após esta fase, foi realizada a fusão das imagens com a banda pancromática de 15 m de resolução espacial, com vistas a obter um melhor resultado na delimitação da área do reservatório, tendo em vista que nas outras bandas a resolução espacial é de 30 m. Somando-se a isso, foi utilizado também o NDWI (Normalized Difference Water Index), esse índice é calculado segundo a seguinte equação (MCFEETERS, 1996):

$$NDWI = \frac{\text{Verde} - \text{IVP}}{\text{Verde} + \text{IVP}}$$

onde: ‘verde’ corresponde a faixa espectral da banda 3 (faixa verde do espectro visível) e IVP, a faixa espectral da banda 5, região do infravermelho próximo.

Ainda, segundo Brenner e Guasselli (2015) este índice permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos. Foram utilizados os espelhos de água do reservatório para cada ano do estudo, com vistas a não superestimar os resultados, no caso de se considerar um espelho único, ou seja, considerando o reservatório cheio para todos os anos.

Com vistas a aperfeiçoar a classificação supervisionada, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi inserido na metodologia deste trabalho. Salienta-se que a classificação não foi realizada sobre a imagem do NDVI, sendo a mesma processada sobre a imagem empilhadas pelas bandas, o mesmo servindo apenas como subsídio a classificação, contribuindo na identificação das classes. O NDVI é um índice apropriado para o estudo da vegetação, ideal para estimativas de quantidade, qualidade e humidade da mesma, além de monitoramento dessas características ao longo do tempo (NOVAS, 2008).

O NDVI é calculado a partir da razão normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e a banda do vermelho, variando entre -1 e 1 (TUCKER, 1979). Sua fórmula é apresentada a seguir (Equação 1):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

onde:  $\rho_{\text{NIR}}$  e  $\rho_{\text{RED}}$  são os fatores de reflectância bidirecional de superfície para as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED), respectivamente.

Antes da execução do processo de classificação supervisionada de cada imagem do satélite LANDSAT-8/OLI, seis bandas espectrais (B2, B3, B4, B5, B6 e B7) foram empilhadas na geração de uma única camada representativa da área de estudo, processo chamado de Layer stack. Assim, a classificação foi processada com base na informação espectral das seis bandas.

O empilhamento de bandas (Layer stacking) é comumente utilizado na combinação de bandas separadas em uma única imagem multiespectral, que poderá ser utilizada em análises posteriores (VEERENDRA; LATHA, 2012).

Na classificação supervisionada foi utilizado o algoritmo de classificação Minimum Distance (Distância Mínima), com vistas a obtenção de dois agrupamentos satisfatórios, correspondentes as classes de água com possível presença de macrófitas e água. Este método calcula a distância espectral entre o vetor de medida para o pixel candidato e a média para cada assinatura de classe (VALE et al., 2018).

### 3. Resultados e discussão

A assinatura espectral das macrófitas e da água, em uma imagem formada pelas bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 se pode visualizar no gráfico 1. Para a obtenção deste gráfico foi realizada a seleção de pixels com presença de macrófitas e ausência das mesmas, com vistas a distinguir a diferença espectral dessas superfícies. A vegetação apresenta um comportamento espectral médio que sempre possibilitará a sua distinção de outros objetos (NOVO, 2008). No gráfico 1, a distinção entre vegetação e água ficou facilmente observada, visto que para as regiões com maior presença de macrófitas, encontrou-se uma assinatura espectral típica de vegetação, ou seja, absorvendo a radiação eletromagnética no espectro do visível e uma ápice de reflectância no espectro do infravermelho próximo. Enquanto que, nas regiões onde não foram detectadas a presença de macrófitas, a assinatura espectral foi típica de corpos hídricos, onde ocorre um comportamento de absorção da radiação eletromagnética em todos os comprimentos de onda.

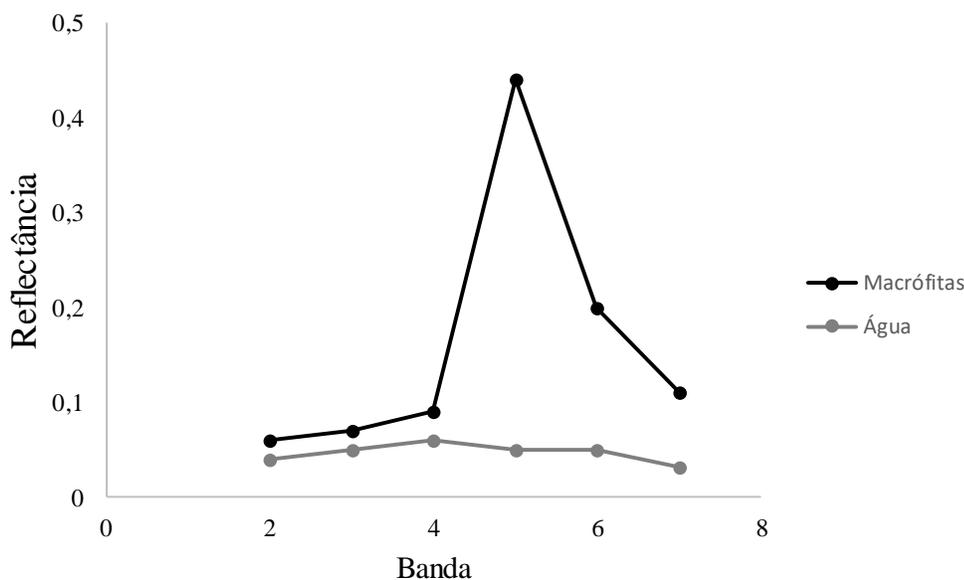


Figura 3 – Gráfico do comportamento espectral de macrófitas aquáticas e de água no reservatório de Santa Cruz, RN.

Fonte: Feitosa, (2018).

Nas Figuras 4 (a), (b) e (c), são apresentadas as imagens obtidas por meio do NDVI, nas quais observa-se a dinâmica espaço-temporal dos valores desse índice para o reservatório, dessa forma sendo possível a identificação do aumento do índice de vegetação em determinadas áreas do mesmo.

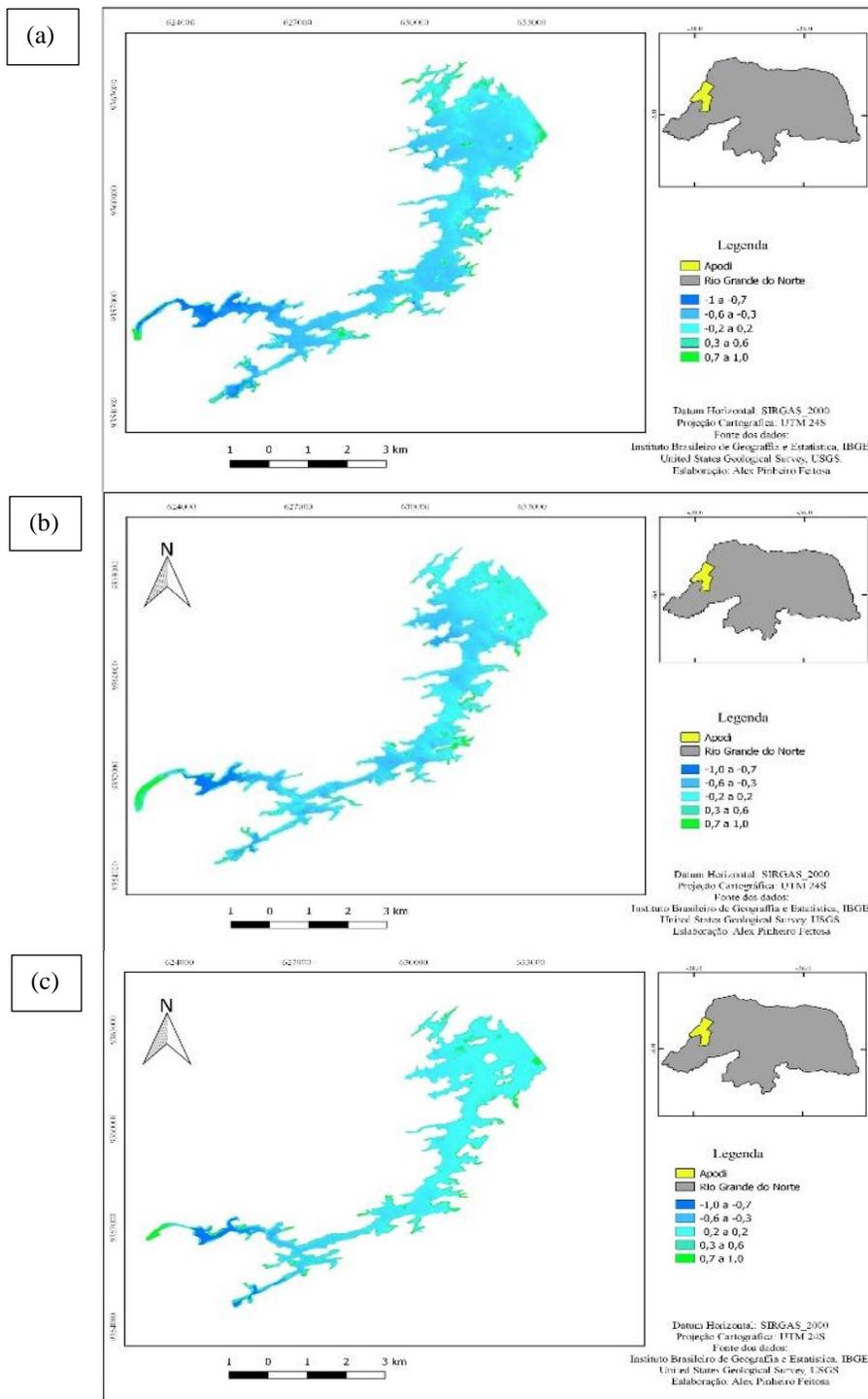


Figura 4 – Índice de vegetação NDVI no Reservatório de Santa Cruz nos anos de (a) 2015, (b) 2016 e (c) 2017. Fonte: Feitosa, (2018).

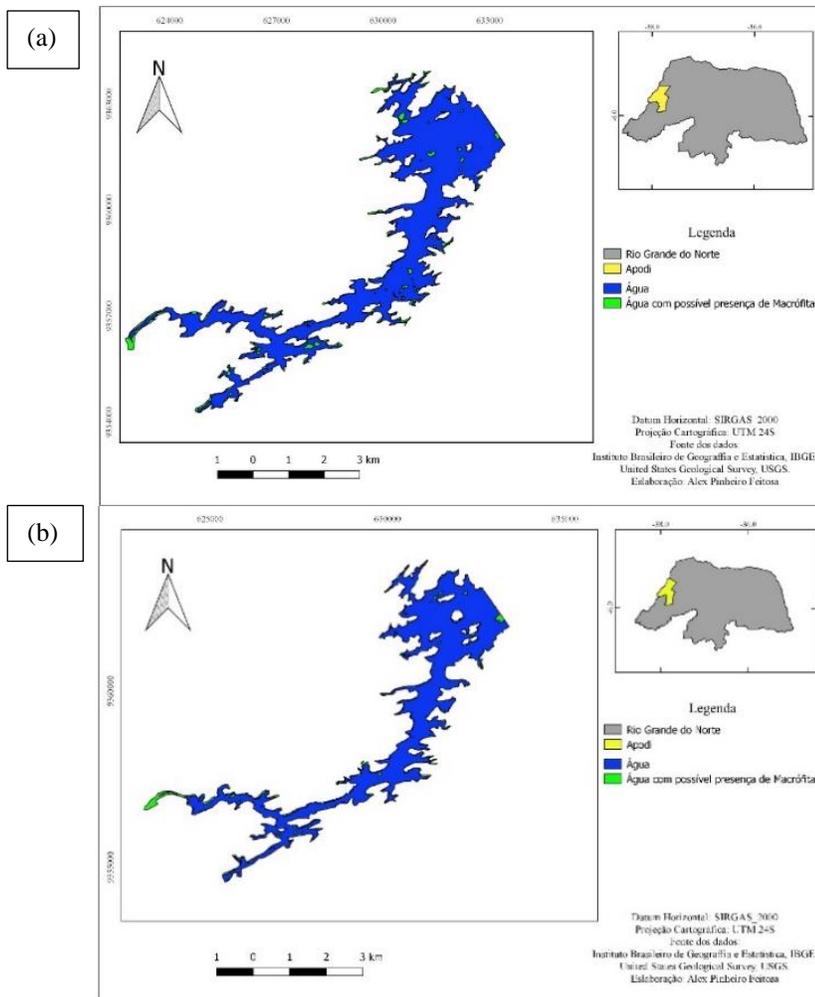
Observa-se na Figura 4 (a) para o ano de 2015 que, ao longo da área estudada, existe uma maior presença de valores de índices entre as classes -1 a -0,7 e -0,6 a -0,3, tais valores são indicativos de ausência de vegetação. Com relação as

demais classes, por conta dos seus respectivos resultados, já indicam a presença de macrófitas, ocorrendo uma maior aglomeração das mesmas na classe com valores de NDVI mais elevados.

Ainda pela Figura 4 (b) é possível observar uma distribuição de valores com NDVI entre -0,2 e 0,2, podendo indicar a presença de sólidos em suspensão, assim como uma possível infestação de cianobactérias na extensão do corpo d'água (MINHONI et al., 2017). Já nos demais intervalos superiores, principalmente nos braços do reservatório, indicam a presença de uma maior concentração de macrófitas aquáticas.

Na Figura 4 (c) pode ser observado que no ano de 2017 houve uma maior concentração de macrófitas nos braços do reservatório, assim como nos estudos de (GALO et al., 2002; MINHONI et al., 2017), que apesar dos trabalhos terem sido desenvolvidos em uma região com características diferentes do semiárido, uma possível explicação para os resultados serem semelhantes pode estar relacionado com o período do estudo, no caso em ambos o de baixa pluviosidade. Comparando com os anos de 2015 e 2016, observou-se macrófitas em maior intensidade no ano de 2017.

Os resultados obtidos com o NDVI, serviram de subsídio para comparação com mapas elaborados com a classificação supervisionada. Os mapas resultantes da classificação supervisionada para os anos 2015, 2016 e 2017 são apresentados, respectivamente nas Figuras 5 (a), (b) e (c).



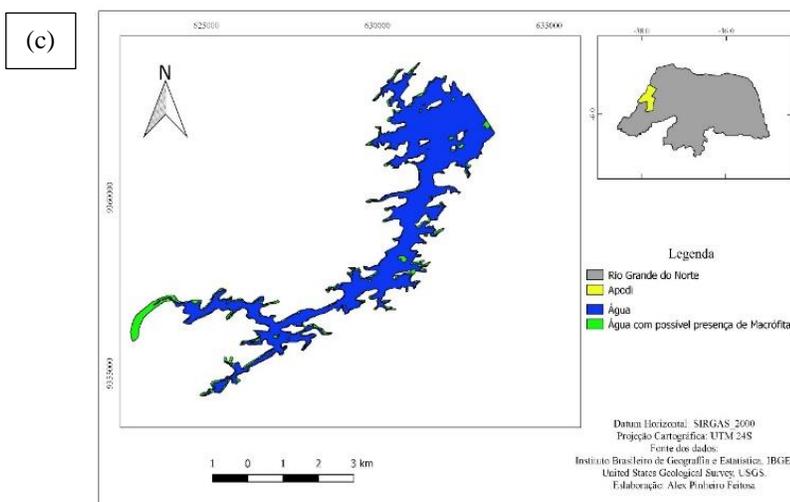


Figura 5 – Classificação supervisionada para o reservatório de Santa Cruz em (a) 2015, (b) 2016 e (c) 2017. Fonte: Feitosa, (2018).

Observa-se nas respectivas figuras uma elevada concentração de macrófitas aquáticas existente nos locais com menor volume de água. Uma possível explicação para esse elevado número de plantas, é que nestes locais ocorre uma maior disponibilidade de nutrientes, dessa forma, tornando-se necessária a caracterização da área do entorno para que se possa identificar de qual fonte se origina esses nutrientes. Tundisi et al. (2008) aponta que a principal causa da eutrofização é o aumento da disponibilidade de nutrientes, o que promove o crescimento desordenado de algas. Observa-se ainda que, no ano de 2015 Figura 5 (a), ocorreu uma menor concentração de macrófitas, enquanto que no ano de 2016 Figura 5 (b) houve um aumento na área ocupada pelas mesmas, resultados semelhantes foram observados no trabalho de Miranda e Costa (2015).

No ano de 2017 Figura 5 (c) é possível observar uma diminuição na quantidade de plantas no reservatório, uma justificativa para esse comportamento foi que em todo o período do estudo a região enfrentava uma estiagem, onde segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apontam que no período do trabalho as precipitações anuais registradas foram 293,0 mm, 522,6 mm e 587,1 mm, respectivamente para os anos de 2015, 2016 e 2017, somando-se ainda a uma má distribuição temporal, ou seja as chuvas ocorrendo em poucos meses do ano.

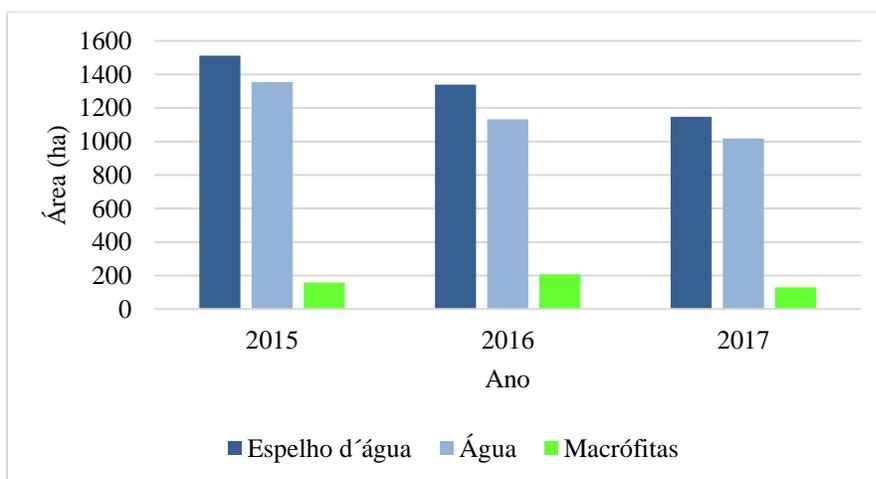


Figura 6 – Gráfico da relação entre as áreas do espelho d'água, água e macrófitas, nos anos de 2015, 2016 e 2017. Fonte: Feitosa, (2018).

Apresenta-se na Figura 6 a evolução e o crescimento da comunidade de macrófitas aquáticas ao longo dos três anos estudados. Em 2015, as macrófitas ocupavam uma área de 158 ha, correspondendo a 11,67% da área do reservatório. Em 2016, passaram a ocupar uma área de 208 ha (18,37 %) e em 2017, 129 ha (12,67 %), vale salientar que os valores obtidos são com base no espelho do reservatório para cada ano. Assim, entre os anos de 2015 e 2016, houve um aumento de aproximadamente 32% na área ocupada por macrófitas aquáticas no reservatório, enquanto que para o mesmo período houve uma redução no espelho de 1.512 ha para 1.340 ha, o que corresponde a 12 % de redução. Já entre 2016 e 2017, observou-se uma diminuição na quantidade de macrófitas de 38 %, em termos de espelho do reservatório houve uma redução de 1.340 ha para 1.147 ha, correspondendo em percentual a uma redução de 15 %. Estes resultados diferem dos obtidos nos trabalhos de Miranda e Costa (2015) e Mesquita et al. (2013), indicando que no reservatório com a diminuição do espelho d'água pode haver algum fator limitante, tendo em vista a população de Macrófitas ter diminuído.

#### 4. Considerações finais

Diante dos resultados obtidos, observa-se que houve um aumento progressivo na quantidade de macrófitas no reservatório de Santa Cruz entre 2015 e 2016, enquanto que constatou-se uma diminuição entre 2016 e 2017, essa diminuição pode ser causada por algum fator limitante, como a disponibilidade de nutrientes.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto mostrou-se eficiente na diferenciação e identificação de macrófitas e água nas áreas ocupadas.

Os produtos gerados podem servir como base para estudos futuros e, recomenda-se a realização de pesquisa de campo, caracterização da área do entorno do reservatório e análises da água como forma de corroborar ainda mais os resultados.

#### Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação: Relatório Síntese / Agência Nacional de Águas - **Brasília**: ANA, 2017.
- APARICIO, C.; BITENCOURT, M. D. Resposta espectral de macrófitas aquáticas. IN: Pompêo et al. (Orgs.) *Ecologia de reservatórios e interfaces*, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. p. 177 - 189.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 6, n. 22, p.711-728, 10 jan. 2014.
- Batista, G. T.; dias, N. W. *Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens*. São José dos Campos: INPE, 2005.
- CAMARA, C. D. et al. Uso de gramínea aquática no tratamento de esgoto doméstico. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, Medianeira, v.1, n. 37, p. 27-36, 2013.
- CRUZ, N. C. da; GALO, M. de L. B. T. Mapeamento das infestações por plantas aquáticas em reservatórios utilizando imagens multiescala e redes neurais artificiais. *Revista Brasileira de Cartografia*, Brasília, v. 2, n. 57, p.103-112, 10 fev. 2005. Bimestral.
- FRANÇA, J. B. de A. et al. Tratamento de efluente doméstico com macrófitas aquáticas para reúso na fertirrigação. *Irriga*, Botucatu, Edição especial 01, p. 85-93, 2014.
- GALO, M.L.B.T. et al. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do Complexo Tietê. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.20, p.7-20, 2002. Edição Especial.
- LUO, C.; et al. Applying remote sensing techniques to monitoring seasonal and interannual changes of aquatic vegetation in Taihu Lake, China. *Ecological Indicators*, Coimbra, v. 60, p. 503-513, 2015.

- McFeeters, S. K. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, Fort Collins 17, 1425-1432, 1996.
- MINHONI, R. T. de A. et al. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas aquáticas no reservatório de Barra Bonita, SP. *Irriga*, Botucatu, v. 2, n. 22, p.330-342, abr. 2017.
- MIRANDA, J. C. S.; COSTA, S. M. F. da. Estudo de macrófitas aquáticas utilizando imagens orbitais em um trecho do rio Paraíba do Sul Mapeamento da cultura da soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: INPE. p.3972-3979, 2015.
- NOVAS, M. F. B.; CRUZ, P. P. N. da; SILVA, Romilson. Análise da variação dos índices de vegetação estimados por sensoriamento remoto em dois períodos ao sul da bacia do rio traipu-al. In: simpósio brasileiro de ciências e tecnologia da geoinformação, 2., 2008, Recife. **Anais....** 2008. p. 50 – 56.
- NASA. The Landsat Program. Washington, DC, 2015. Disponível em: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>;. Acesso em: 12 out. 2018.
- Novo, E.M.L.M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Blucher, 2008. 388 p.
- Rosa, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: EDUFU, 5 ed. p. 228, 2003
- RIO GRANDE DO NORTE SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH, INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE – IDEMA; **PERFIL DO SEU MUNICÍPIO APODI** Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000016659.PDF>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- SCHILLER, A. da P. et al. Pós-tratamento de efluente doméstico por meio de macrófita aquática *Spirodela polyrhiza*. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Candido Rondon, v. 16, n. 3, p. 287-295, 2017.
- SILVA, T.S.F. et al. Influência de variações na intensidade do pulso de inundação sobre a cobertura e crescimento da vegetação herbácea aquática na Amazônia. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., São José dos Campos. **Anais**. São José dos Campos: INPE. p.3205-3212, 2011.
- TUCKER, C. J.. Red and Photographic Infrared linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sensing Of Environment*, Amsterdã, v. 1, n. 8, p.127-150, jan. 1979.
- TUNDISI, J. G. The ecological dynamics of Barra Bonita (Tietê River, SP, Brazil) reservoir: implications for its biodiversity. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 68, n. 4, p. 1079-1098, 2008.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **EarthExplorer**. Reston, 2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 25 out. 2018.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Landsat 8**: Fact Sheet 2013-3060. Reston: U.S. Department of the Interior, 2013. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/2013/3060/pdf/fs2013-3060.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.
- VALE, J. R. B. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de medicilândi-PA. *Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, Grajaú, v. 3, n. 4, p.26-44, 10 jan. 2018.

VEERENDRA, T. M., LATHA, B.M. Estimation of Growth Rate of Davanagere District using Multispectral Image using ENVI 4.7. *International Journal of Science and Research*. Ahmedabad, v. 3, n. 6, p., 2012.

ZHAO, D., JIANG, H., YANG, T., CAI, Y., XU, D., AN, S. Remote sensing of aquatic vegetation distribution in Taihu Lake using an improved classification tree with modified thresholds. *Journal of Environmental Management*, Londres, v. 95, p. 98-107, 2012.