

MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO 25 DE MARÇO, MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS, OESTE POTIGUAR (RN/BR)

AQUATIC MACROPHYTES MONITORING IN THE MARCH 25 MARCH RESERVOIR, PAU DOS FERROS MUNICIPALITY, WEST POTIGUAR (RN/BR)

SUPERVISIÓN DE MACROFITOS ACUÁTICOS EN EL RESERVORIO 25 DE MARZO, MUNICIPIO PAU DOS FERROS, OESTE POTIGUAR (RN/BR)

Aluizio Bezerra Júnior¹

Resumo: Os reservatórios estão submetidos às múltiplas ações de forças antropogênicas e, como consequência, podem alterar o seu regime hidrológico e a dinâmica ecológica. Essas alterações fazem com que organismos fotossintéticos formem colônias de propagação, especialmente algum grupo ecológico de macrófitas aquáticas. Logo, o objetivo desta pesquisa é mapear as macrófitas aquáticas no reservatório 25 de Março, visando conhecer as áreas de ocorrências e os fatores que levaram à propagação deste organismo fotossintético. Como procedimentos metodológicos, foram utilizadas as imagens orbitais do satélite LANDSAT 8, sensor OLI/TIRS, órbita 216, ponto 64, resolução espacial de 30 metros, datada de 22 agosto de 2020, disponibilizadas pela USGS (*United States Geological Survey*); para classificar as bandas espectrais, utilizou-se a classificação supervisionada no algoritmo Máxima Verossimilhança (MARVER) em SIG Qgis® 3.4 Madeira. Os resultados mostraram, em sua classificação, ser suscetível o reservatório à propagação de macrófitas aquáticas e, como consequência, os valores de ocorrências do organismo representaram 64,353ha (60,20%) da área total; por outro lado, a lâmina d'água obteve 42,6ha (39,8%) de acumulação de área. Ao se considerar os valores em questão, é possível afirmar que a proliferação de macrófitas está relacionada aos múltiplos impactos, sobretudo aos desequilíbrios de dinâmica urbana. Portanto, conclui-se que as áreas de ocorrências de macrófitas aquáticas têm seu desenvolvimento favorecido pelo excessivo impacto em sua bacia hidráulica. Também é necessário apontar que o uso das técnicas de Sensoriamento Remoto contribui diretamente no monitoramento deste organismo fotossintético e, com isso, torna possível atualizar a forma de gestão e de gerenciamento do reservatório.

Palavras-chave: Reservatório; Macrófitas aquáticas; Sensoriamento Remoto.

Abstract: The reservoirs are subjected to the multiple actions of anthropogenic forces that can cause changes in their hydrological regime and ecological dynamics. These changes cause photosynthetic organisms to produce propagating colonies, especially the ecological group of aquatic macrophytes. Thus, the objective of this research is to map the aquatic macrophytes in the 25 de Março reservoir, with the purpose of knowing the areas of the occurrences and the factors that led to the propagation of this photosynthetic organism. As methodological

¹ Mestre em Geografia (Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEO). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), *campus* Central. Mossoró/RN. Email: aluiziojunior@outlook.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/2467732301883369>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-4455-6935>.

procedures, orbital images from the LANDSAT 8 satellite, OLI / TIRS sensor, orbit 216, point 64, 30-meter spatial resolution, dated August 22, 2020, provided by the USGS (United States Geological Survey) were used. To classify spectral bands, the supervised classification in the Maximum Likelihood algorithm (MAXLIK) in SIG Qgis® 3.4 Madeira was used. The classification of the results showed that the reservoir is susceptible to the propagation of aquatic macrophytes. Consequently, the organism's occurrence values represented 64.353ha (60.20%) of the total area. On the other hand, the water depth obtained 42.6ha (39.8%) of area accumulation. When considering the values presented, it is possible to say that the proliferation of macrophytes is related to multiple impacts, especially with the imbalances of urban dynamics. Therefore, it is concluded that the areas of occurrences of aquatic macrophytes have their development favored by the excessive impact on their hydraulic basin. It is also necessary to point out that the use of Remote Sensing (RS) techniques directly contributes to the monitoring of this photosynthetic organism. In this way, it becomes possible to update the reservoir management and management strategies.

Keywords: Reservoir; Aquatic macrophytes; Remote sensing.

Resumen: Los embalses están sujetos a las múltiples acciones de fuerzas antropogénicas que pueden provocar cambios en su régimen hidrológico y dinámica ecológica. Estos cambios hacen que los organismos fotosintéticos produzcan colonias en propagación, especialmente el grupo ecológico de macrófitos acuáticos. Así, el objetivo de esta investigación es cartografiar las macrófitas acuáticas del embalse 25 de Março, con el propósito de conocer las áreas de ocurrencia y los factores que llevaron a la propagación de este organismo fotosintético. Como procedimientos metodológicos se utilizaron imágenes orbitales del satélite LANDSAT 8, sensor OLI / TIRS, órbita 216, punto 64, resolución espacial de 30 metros, fechado el 22 de Agosto de 2020, provistas por el USGS (United States Geological Survey). Para clasificar las bandas espectrales se utilizó la clasificación supervisada en el algoritmo de Máxima Verosimilitud (MARVER) en SIG Qgis® 3.4 Madeira. La clasificación de los resultados mostró que el reservorio es susceptible a la propagación de macrófitos acuáticos. En consecuencia, los valores de ocurrencia del organismo representaron 64,353ha (60,20%) del área total. Por otro lado, la profundidad del agua obtuvo 42,6ha (39,8%) de acumulación de superficie. Al considerar los valores presentados, se puede decir que la proliferación de macrófitas está relacionada con múltiples impactos, especialmente con los desequilibrios de la dinámica urbana. Por tanto, se concluye que las áreas de ocurrencia de macrófitas acuáticas tienen su desarrollo favorecido por el impacto excesivo sobre su cuenca hidráulica. También es necesario señalar que el uso de técnicas de Detección Remota (DR) contribuye directamente al seguimiento de este organismo fotosintético. De esta manera, es posible actualizar la gestión y las estrategias de gestión de los embalses.

Palabras clave: Embalse; Macrófitos acuáticos; Detección Remota.

Introdução

Os reservatórios artificiais são sistemas complexos e dinâmicos, com tamanhos diferenciados e usos múltiplos (TUNDISI, 2007; STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013). Essas estruturas representam na paisagem uma nova inserção de ecossistemas aquáticos em bacias hidrográficas (TUNDISI, 2003); reservatórios são, portanto, um conjunto de sistemas

complexos e dinâmicos, os quais, em seus processos interativos, podem apresentar organismos fotossintéticos.

Esses organismos são, em grande parte, as macrófitas aquáticas, as quais representam um importante componente dos ecossistemas aquáticos. No entanto, em grandes quantidades, elas geram severos malefícios aos ecossistemas aquáticos e a seus múltiplos usos (THOMAZ, 2005). Para Thomas e Esteves (2011), os organismos fotossintéticos de macrófitas aquáticas desenvolvem-se de maneira permanente ou periódica, com tamanhos diferenciados, como também em grupos ecológicos distintos. Tais grupos ecológicos podem se desenvolver sob três características, por exemplo: submersa, flutuante ou livre na superfície da água (LI *et al.*, 2013; MINHOTI *et al.*, 2017).

O ambiente necessário para o desenvolvimento desses organismos está associado a diversos fatores, dentre os principais, pode-se mencionar a estocagem de nutrientes e o nível da lâmina d'água (THOMAS; ESTEVES, 2011). Então, é possível afirmar que o ambiente de propagação de macrófitas aquáticas é formado pelo serviço sistêmico natural ou, principalmente, ações antropogênicas que trazem desequilíbrio no ambiente, fazendo com que haja o avanço desse organismo fotossintético (MORMUL *et al.*, 2010; GALO *et al.*, 2002; ROSA *et al.*, 2018).

Em função da rápida propagação de espécie desse organismo, há a necessidade de monitorar seu espaço de ocorrência e sua dinâmica temporal, sobretudo em reservatório artificiais, em decorrência da artificialização do regime de fluxo dos canais hidrográficos. Segundo Straškraba e Tundisi (2013), quando um canal hidrográfico se torna um reservatório, faz com que o sistema de fluxo deixe o regime lótico e passe ao regime lântico. Esse novo sistema de fluxo, associado aos múltiplos impactos antropogênicos, propiciam as condições favoráveis à propagação de espécies de organismo fotossintéticos, principalmente as macrófitas aquáticas (JØRGENSEN *et al.*, 2000).

Desse modo, é possível afirmar que reservatórios se caracterizam como ambiente propício a esse organismo, em especial, quando a gestão e o gerenciamento são falhos, levando o sistema complexo e dinâmico do corpo hídrico a um quadro de desequilíbrio; então, faz-se necessário proceder ao mapeamento desse organismo. De acordo com Novo (2010), as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) permitem acompanhar a área de propagação, bem como os múltiplos fatores que conduziram ao desenvolvimento desse organismo.

Nesse sentido, Machado e Baptista (2016, p. 358) afirmam que “o SR surge como uma possível forma de complementação dos programas de monitoramento usuais [...]”. Ao seguirem

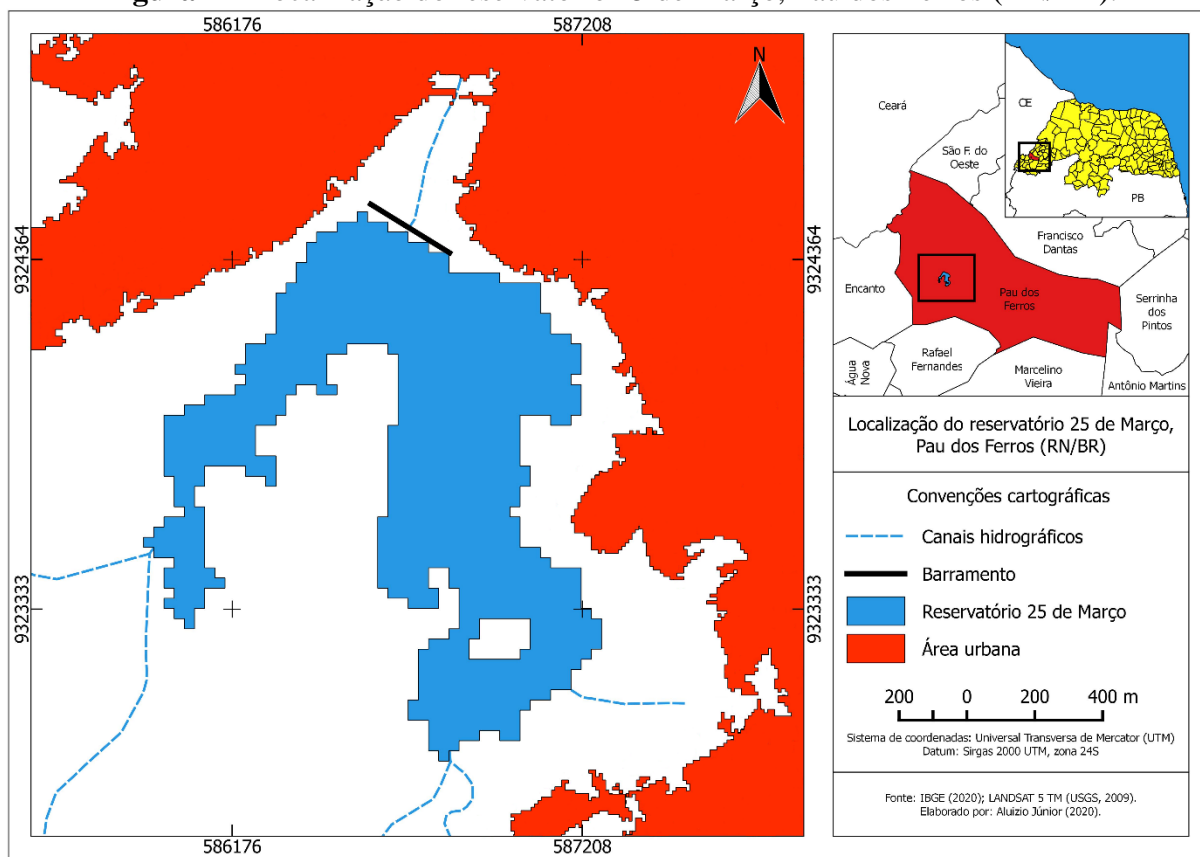
esse contexto, Rosa (2008) e Jensen (2011) apontam que a aplicação das técnicas de SR trazem as múltiplas informações da área em pesquisa e, por meio dessas informações, torna possível apontar as bases de sustentabilidade ou, nesse caso, aplicar a gestão e o gerenciamento sob uma visão integrada, a fim de, por exemplo, facilitar a conservação do ecossistema em pesquisa (TUNDISI, 2003; TUNDISI, 2007).

Existe, portanto, a necessidade de se monitorar as macrófitas aquáticas em reservatório, seja de maneira usual ou, sobretudo, por meio de técnicas de SR, configurando-se como forma de apoio para a tomada de decisão. Logo, o objetivo da presente pesquisa é mapear as macrófitas aquáticas do reservatório 25 de Março, visando conhecer as áreas de ocorrências e os fatores que levaram à propagação desse organismo e, desse modo, contribuir para a gestão e gerenciamento desse reservatório.

Materiais e métodos

Caracterização da área em pesquisa

O reservatório 25 de Março (Figura 1), localizado no município de Pau dos Ferros, Oeste do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, encontra-se nas coordenadas planas 585859 S / 9324732 W e 587450 S / 9322644 W, datum SIRGAS 2000 UTM, fuso 24, hemisfério Sul, cuja capacidade é de 8.181,000.00m³ (oito milhões cento e oitenta e um mil), ocupando 233,00ha (0,67%) da área municipal (SEMARH, 2020), fazendo parte da microbacia hidrográfica do Riacho Cajazeiras, médio curso superior do Rio Apodi-Mossoró (CARVALHO; KELTING; SILVA, 2011), com regime intermitente e efêmero, o que representa padrão de drenagem em sua maioria dendrítica, com ramificações de um conjunto de canais de primeira à quarta ordem na hierarquia fluvial, que se desenvolve no sentido Sul-Norte (BEZERRA JÚNIOR; GUEDES; ALVES, 2020).

Figura 1 – Localização do reservatório 25 de Março, Pau dos Ferros (RN/BR).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Essa reserva hídrica foi construída, ainda no Brasil Império, pela Comissão de Açudes e Irrigação, atual Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Atualmente, é administrada pela Secretária de Meio Ambiente (SEMA) do município, bem como pela Secretária Estadual de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). O início de sua construção ocorreu em 1894, com conclusão em 1897; em meio à seca na região, no período de 1915 a 1916 foi realizada uma ampliação de sua capacidade hídrica (ANDRADE, 2015).

Procedimentos metodológicos e técnicos

Para a realização do monitoramento de macrófitas aquáticas, foram utilizadas as imagens orbitais do satélite LANDSAT 8, sensor OLI/TIRS, órbita 216, ponto 64, coordenadas em UTM, sistema WGS 84, datada de 22 de agosto de 2020, disponibilizadas pela USGS (*United States Geological Survey*), sob formato *GeoTiff*. Todas as bandas espectrais, inicialmente, foram reprojetaadas para o sistema de coordenadas planas UTM, datum SIRGAS 2000, fuso 24S, utilizando o SIG Qgis® 3.4 Madeira.

Assim, com as bandas espectrais reprojctadas (Tabela 1), foi possível executar as técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), considerando o conjunto de tarefas necessárias das bandas espectrais para diminuir as distorções geométricas, as calibrações radiométricas e as remoções de ruído (NOVO, 2010; JENSEN, 2011). Posteriormente, foi efetuada uma composição falsa cor no sistema de cores RGBI (*Red-Green-Blue-Nir*), considerando-se as bandas espectrais (B2/B3/B4/B5), para, a partir de então, obter a composição necessária para a classificação.

Tabela 1 – Características das imagens do satélite LANDSAT 8 OLI/TIRS.

| Bandas Espectrais | Resolução | | | | Área imageada |
|-------------------|---------------------------|----------|--------------|----------|---------------|
| | Espectral | Espacial | Radiométrica | Temporal | |
| B2 Azul | 0.45 – 0.51 μm | 30m | 16 bits | 16 dias | 170km |
| B3 Verde | 0.53 – 0.59 μm | | | | |
| B4 Vermelho | 0.64 – 0.67 μm | | | | |
| B5 Infravermelho | 0.85 – 0.88 μm | | | | |

Fonte: USGS (2020). Organizado pelo autor (2020).

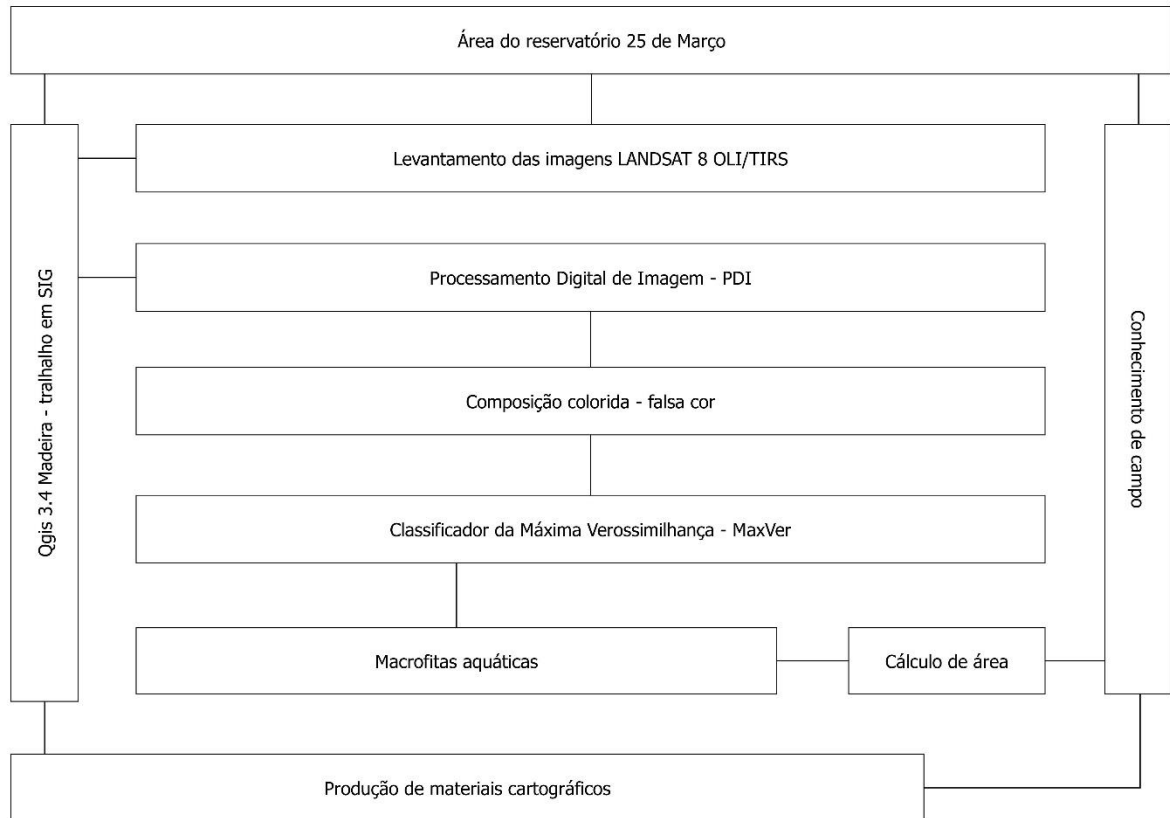
Feita a composição, utilizou-se o *plugin SCP (Semi-automatic Classification Plugin)*. Esse *plugin* procede à classificação utilizando o algoritmo Máxima Verossimilhança (MAXVER), conhecido também por *Maximum Likelihood*. Na perspectiva de Richards e Jia (2006), o respectivo algoritmo calcula as distâncias e as probabilidades para as classes espectrais por meio do Teorema de Baye's, segundo a resposta espectral dos pontos de treinamentos, que assume a distribuição gaussiana (LILLESAND; KIEFFER, 2004). Desse modo, feita a classificação por meio do *plugin*, realizou-se, então, por meio da técnica de convenção, a transformação do formato *matricial** para o formato *shapefile**, visando proceder ao cálculo de área da classificação, como também de sua respectiva porcentagem, fazendo uso de técnica básica de estatística.

Após efetuar a classificação, faz-se necessário o conhecimento de campo no entorno do reservatório, para, a partir de então, conhecer o microuniverso de impacto ambiental. Esse campo de validação se deu entre o dia 10 e 11 de dezembro de 2020, empregando o método de amostragem por caminhamento livre (CAVALCANTI, 2014). Então, o campo tornou possível tanto realizar as verificações dos dados cartográficos, bem como obter as causas dos impactos ambientais.

Logo, com os dados cartográficos já processados, foi confeccionado, no *layout* do SIG, o mapeamento temático, publicado na escala cartográfica 1:12.000. No fluxograma a seguir

(Figura 2) são apresentadas as respectivas etapas, como forma de explicitar o caminho metodológico percorrido.

Figura 2 – Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

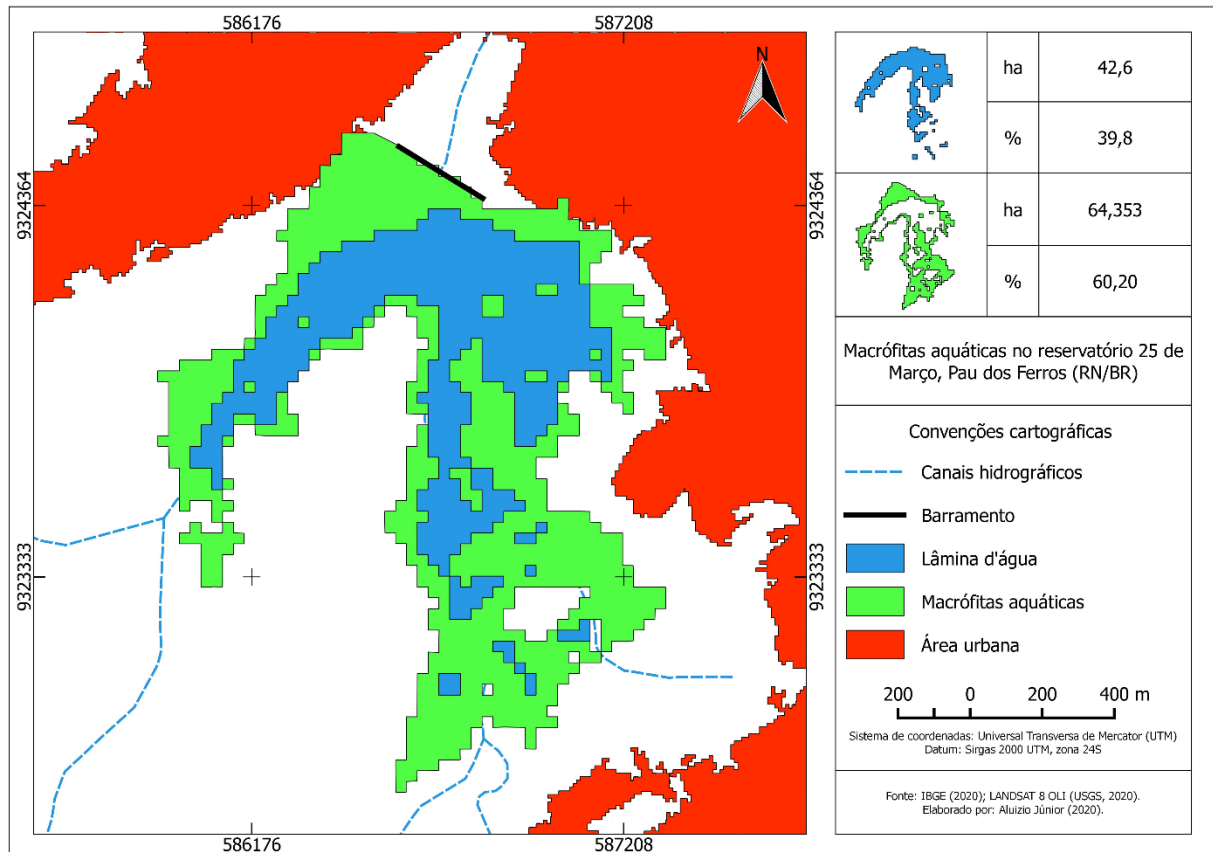
Resultados e discussões

O reservatório 25 de Março, segundo apontado por Lima *et al.* (2017), teve sua construção planejada ainda na época do Brasil Império. Esse corpo hídrico tornou-se a primeira construção de médio porte para armazenar recursos hídricos no extremo Oeste do estado do Rio Grande do Norte (ANDRADE, 2015). Atualmente, esse centenário reservatório vem sendo degradado em razão do avanço da área urbana, o que gera múltiplos impactos ambientais não só em sua bacia hidráulica, como também em suas áreas de proteção legal.

Verifica-se, então, que em sua classificação, esse reservatório (Figura 3) mostrou-se ser suscetível à propagação de macrófitas aquáticas. Os valores de ocorrências do organismo representaram 64,353ha (60,20%) da área total; por outro lado, a lâmina d'água obteve 42,6ha (39,8%) de acumulação de área. Considerando-se tais valores, é possível afirmar que a

proliferação de macrófitas pode estar relacionada aos múltiplos impactos, sobretudo aos desequilíbrios de dinâmica urbana.

Figura 3 – Macrófitas aquáticas no reservatório 25 de Março, Pau dos Ferros (RN/BR).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para Bezerra Júnior e Alves (2020), os impactos no entorno do reservatório são característicos dos múltiplos desequilíbrios de cunho urbano. Esses múltiplos impactos ocasionam alterações necessárias para que haja a proliferação de algum grupo ecológico de macrófitas aquáticas. De acordo com Li *et al.* (2013) e Minhoni *et al.* (2017), a ocorrência desse organismo biológico estar associada a fatores de impactos de ações antropogênicas, sobretudo as fontes de poluição pontuais e difusas, que são provindas de ambientes urbanos e rurais; nesse caso, os impactos do reservatório são caracterizados pela falta de saneamento básico no meio urbano, mas, também, por outros fatores antropogênicos.

Considerando a precariedade de saneamento – ou mesmo a ausência deste no entorno do corpo hídrico – causa principalmente o lançamento de efluentes domésticos em sua bacia hidráulica (Figuras 5 e 6), o que conseqüentemente favorece o aparecimento de organismos

fitossintéticos, em especial, grupos ecológicos de macrófitas aquáticas. Archela *et al.* (2003, p. 518) salientam que os efluentes domésticos “[...] são caracterizados por águas residuárias contaminadas, basicamente, por fezes humanas e animais, restos de alimentos, sabões e detergentes”.

Figura 5 - Bueiro de esgoto doméstico.



Coordenadas UTM: 587248 S e 9324292 W.

Fonte: Arquivo de campo (2020).

Figura 6 - Esgoto doméstico.



Coordenadas UTM: 587111 S e 9325847 W.

Fonte: Arquivo de campo (2020).

Sob essa perspectiva, Nascimento e Guedes (2016) ressaltam que o lançamento de efluentes domésticos “*in natura*” em reservatórios e em seus canais hidrográficos pode, com efeito, contribuir para a redução da biodiversidade no sistema aquático, assim como, igualmente, elevam os riscos ao bem-estar humano. Ainda segundo esses autores, os efluentes domésticos constituem um dos focos mais visíveis de impacto em reservatórios, gerando, como consequência, desequilíbrio ambiental.

Outra fonte de impacto diz respeito à criação de animais (Figuras 7 e 8) no entorno do reservatório. Essa prática produz enorme desequilíbrio biológico na qualidade ambiental, em razão da grande quantidade de excrementos, fato que contribui para a enorme carga de coliformes e que, por conseguinte, representa portas de entradas para a disseminação de microrganismo patogênicos, por exemplo. Nascimento e Guedes (2016, p. 135) afirmam que “[...] a carga de coliformes contribui para a degradação dos corpos hídricos, com efeitos que refletem no desequilíbrio ecológico”.

Figura 7 - Bovinos a montante esq.Coordenadas UTM: 586417 S e 9324535 W.
Fonte: Arquivo de campo (2020).**Figura 8** - Caprinos a montante esq.Coordenadas UTM: 586121 S e 9324091 W.
Fonte: Arquivo de campo (2020).

Então, é possível visualizar que esses múltiplos impactos na bacia hidráulica, em seu entorno e em seus canais hidrográficos mostraram o não cumprimento do Código Florestal, Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012), tal como a Lei Complementar nº 12.727/12, que estabelecem os parâmetros e os limites de Áreas de Preservação Permanente (APPs) de reservatórios e também o regime de uso de seu entorno. Sobre isso, Bezerra Júnior e Guedes (2016, p. 3) apontam que as definições e limites de proteção legal “buscam instituir os espaços primordiais para a preservação dos recursos naturais, com ênfase aos recursos hídricos [...]”.

Com isso, entende-se que os recursos naturais no sistema hidrográfico do corpo hídrico são frequentemente utilizados, exibindo os múltiplos usos e manejos em áreas de proteção legal, como os trinta metros de APPs para reservatórios situados em área urbana consolidada, assim como, igualmente, as alterações da qualidade da água, por meio de múltiplos materiais não naturais. Assim, o não cumprimento dos parâmetros de proteção legal traz consequências diretas no ambiente, como por exemplo, a propagação de macrófitas aquáticas.

Para esse reservatório, há o grupo ecológico de flutuantes livres (Figuras 9 e 10), cujas raízes são livres abaixo da superfície da água. Esses organismos formam-se de maneira permanente e com tamanho suficiente para serem vistos a olho nu. As áreas de ocorrências são basicamente as margens do reservatório, em razão de estas oferecerem as condições necessárias ao desenvolvimento desses organismos fotossintéticos; por exemplo, a existência de nutrientes carregados pelo fluxo dos canais hidrográficos, os provenientes dos efluentes domésticos e, também, os oriundos dos excrementos dos animais.

Figura 9 - Macrófitas margem esq.

Coordenadas UTM: 586835 S e 9324401 W.

Fonte: Arquivo de campo (2020).**Figura 10** - Macrófitas margem dir.

Coordenadas UTM: 586461 S e 9324570 W.

Fonte: Arquivo de campo (2020).

Esse quadro de ocorrência – bem como a propagação de um grupo ecológico de macrófitas aquáticas no reservatório, sem que seja de forma natural – evidencia os desequilíbrios ambientais causados pelos múltiplos impactos de ações antropogênicas. Na ótica de Bezerra Júnior e Guedes (2016), e também de Nascimento e Guedes (2016), os múltiplos impactos são oriundos das pressões antropogênicas sobre o ambiente, como por exemplo, as alterações de cunho de uso, ocupação e cobertura no entorno de reservatórios.

A fim de atenuar as consequências dos múltiplos impactos, faz-se necessário organizar de modo diferente a gestão e o gerenciamento do reservatório e de seu entorno, no intuito de melhorar o seu sistema de operação e funcionamento, sob uma visão integrada, por exemplo (TUNDISI, 2007; STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013). Com a finalidade de se obter uma apropriada capacidade de gerenciar os usos e manejos múltiplos e um controle dos recursos hídricos, é necessário, primeiramente, conhecer o reservatório como unidade de planejamento, para, a partir de então, ser possível desenvolver os caminhos fundamentais a serem considerados.

Para estabelecer as opções dos caminhos sustentados deve-se, segundo Jørgensen *et al.* (2000), se consolidar o conhecimento acerca dos sistemas terrestre e aquático, além do uso e manejo múltiplo. Nesse sentido, é fundamental, também, assinalar que esses caminhos deverão integrar ações corretivas e preventivas ou, então, definir novas ideias adaptativas. Essas ações, basicamente, devem controlar os atuais danos ambientais, bem como eliminar os futuros, sendo um estímulo para a conservação do ambiente. Tal possível ação de ajustar o sistema de operação

e funcionamento pode assegurar os serviços ecossistêmicos prestados pelo reservatório, bem como melhorar o bem-estar humano em seu entorno.

Considerando-se as alterações em seu sistema, é possível afirmar que o reservatório, em parte, necessita reabilitar seu meio ambiental e, assim, trazer novamente suas memórias e discursos experimentados por toda a extensão de seu espaço-tempo (LIMA *et al.*, 2017). Esse reservatório, no espaço-tempo, tornou-se para o município um objeto que vai além de sua função básica de abastecimento, e que se apresenta atualmente como parte da memória e da cultura do extremo Oeste do estado do Rio Grande do Norte, em especial, do município de Pau dos Ferros.

Considerações finais

Portanto, conclui-se que a propagação de macrófitas aquáticas nas margens do reservatório é consequência direta dos múltiplos impactos de origem antropogênica. Os impactos no hidrossistema incluem, além de usos e manejos do entorno e do lançamento de efluentes domésticos, a criação de animais. Os dois primeiros são responsáveis pela maior parte dos impactos que, conseqüentemente, geram pressões consideráveis – e, muitas vezes, irreversíveis – sobre o sistema hidrográfico.

Considerando esses impactos, é possível verificar que as ações antropogênicas trazem alterações necessárias para o crescimento e o decréscimo desse organismo. Esse comportamento afirma a necessidade de se mapear e de monitorar esses organismos fotossintéticos, uma vez que são produzidas informações fundamentais para a gestão e o gerenciamento deste corpo hídrico e, além disso, são providas informações que tornam possíveis as bases de desenvolvimento sustentado.

Assim, o uso das técnicas de SR mostrou-se uma ferramenta indispensável para a análise de macrófitas aquáticas, haja vista que oportuniza conhecer tanto sua área de propagação quanto a sua porcentagem. Essas informações viabilizaram o mapeamento e a análise desse organismo, a fim de que seja possível compreender, em parte, o sistema complexo e dinâmico deste hidrossistema e, desse modo, manter os serviços ecossistêmicos, os quais são fundamentais para a sobrevivência desse reservatório e, também, para que sejam mantidas sua memória e cultura nesta região. A fim de mitigar as ações negativas causadas pela sociedade, faz-se necessário implementar políticas públicas de proteção legal, bem como fiscalizar o cumprimento da legislação.

Por meio das imagens espectrais do satélite e também com base na aplicação do SR, constatou-se que esse método pode ser aplicado em várias avaliações dos hidrossistemas de reservatórios, de modo a fornecer aos gestores informações fundamentais para a implementação de medidas preventivas e as corretivas nesses sistemas artificiais. Ademais, recomenda-se aplicação de outros métodos de processamento e classificação de imagens espectrais como forma de detalhar mais pormenorizadamente o processo de monitoramento que pode ser visto na literatura de SR.

Referências

ANDRADE, M. C. F. **Revista Comemorativa do Bi-Centenário da Paróquia e Centenário do Município de Pau dos Ferros (1756-1856-1956)**. 2. ed. Natal: Sebo, 2015. 206 p.

ARCHELA, E.; CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Revista Geografia**, Londrina v.12, n.1, p.517-525, 2013. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6711>. Acesso em: 21 de nov. 2020.

BEZERRA JÚNIOR, A.; ALVES, A. M. Diagnóstico do uso e cobertura da terra nos reservatórios públicos do município de Pau dos Ferros, RN, Brasil. **Revista Geonorte**, Manaus, v.11, n.38, p.146-161, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/8277>. Acesso em: 20 dez. 2020.

BEZERRA JÚNIOR, A.; GUEDES, J. A. Caracterização e análise do uso e ocupação da terra no entorno do reservatório Santana, Rafael Fernandes, RN. **Okara: Geografia em Debate (UFPB)**, João Pessoa, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2016. Disponível em: www.okara.ufpb.br/ojs/index.php/okara/article/download/28365/16852. Acesso em: 20 de nov. 2020.

BEZERRA JÚNIOR, A.; GUEDES, J. A.; ALVES, A. M. Caracterização geoambiental do reservatório Caiçara e sua bacia de drenagem (RN/Brasil). **Revista Geosertões**, Cajazeiras, v.5, n.9, p.156-175, 2020. Disponível em: <https://cfp.revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/geosertoos/article/view/1467>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 12. 651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 21 de nov. 2020.

_____. **Lei complementar nº 12.727**, de 17 de outubro de 2012. Brasília - DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm. Acesso em: 18 de fev. 2020.

CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográficas do rio Apodi-Mossoró, RN. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.23, n.1, p.143-159, 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/11259>. Acesso em: 10 de mai. 2019.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Texto, 2014.

GALO, M. L. B. T.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; SANTOS, S. C. A. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê. **Revista planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.3, p.7-20, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pd/v20nspe/02.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2019.

JØRGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A.; VANNUCCI, D. TUNDISI, J. G. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos: princípios para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: ILEC/IIE/UNEP, 2000.

LI, R. H.; LIU, S. M.; ZHANG, G. L.; REN, J. Biogeochemistry of nutrients in na estuary affected by human activities: the wanquan river estuary, eastem Hainan Island, China. **Continental Shelf Research**, Washington, v.57, n.1, p.18-31, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278434312000490>. Acesso em: 21 de nov. 2020.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. Danvers: Wiles International Edition, 2008.

LIMA, S. J. B.; SOUZA, G. S.; PEREIRA, L. S.; COSTA. Discursos e argumentação em memórias que constituem o açude público 25 de Março. **Revista Diálogo das Letras**, Pau dos Ferros, v.6, n.2, p.264-283, 2017. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/dialogodasletras/article/view/2689>. Acesso em: 19 de nov. 2020.

MACHADO, M. T. S.; BAPTISTA, G. M. M. Sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Paranoá (DF). **Revista Eng. Sanit. Ambient**, Rio de Janeiro, v.21, n.2, p.357-365, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413_41522016141970.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.

MINHONI, R. T. A.; PINHEIRO, M. P. A.; FILGUEIRA, R.; ZIMBACK, C. R. L. Sensoriamento Remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas aquáticas no reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v.22, n.2, p.330-343, 2017. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2260>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

MORMUL, R. P.; FERREIRA, F. A.; MICHELAN, T. S.; CARVALHO, P.; SILVEIRA, M. J.; THOMAS, S. M. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu reservoir, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v.58, n.4, p.1437-1451, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58n4/a30v58n4.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

NASCIMENTO, F. E.; GUEDES, J. A. Qualidade ambiental do reservatório Cajá, município de Taboleiro Grande (RN). **Revista Tamoios**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.130-143, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/19610/0>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis**. 4. ed. Berlin: Springer, 2006.

ROSA, C. N.; TASSI, R.; PICCILLI, G. G. A.; PEREIRA FILHO, W.; FAVARETTO, J. R.; FONTOURA, J. R. Identificação do padrão de distribuição de macrófitas aquáticas emergentes no banhado do Taim, RS-Brasil, frente a diferentes condições hidrológicas. **Revista de Geociências**, Botucatu. v.36, n.4, p.771-784, 2017. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/12544/12105>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. São Paulo: EDUFU, 2008.

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Sistema de informações: Bacia Apodi-Mossoró**. 2019. Disponível em: <http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaDetalhe.asp?CodigoEstadual=01>. Acesso em: 02 de dez. 2020.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

THOMAZ, M. S. Fatores que afetam a distribuição e o desenvolvimento de macrófitas aquáticas em reservatórios: uma análise em diferentes escalas. NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A (Org.). **Ecologia de Reservatório: impactos potenciais, ações de manejo e sistema em cascata**. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2005, p. 165-181.

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Comunidade de macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F. A. (Org.). **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, p.461-518.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IEE, 2003.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Org.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. 2 ed. Botucatu: FUNDIBIO, 2007, p.19-38.

Recebido em 31 de dezembro de 2020.

Aceito em 01 de março de 2021.

Publicado em 19 de maio de 2021.