



XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

ÍNDICES ESPECTRAIS POR SENSORIAMENTO REMOTO E USO DO SOLO UTILIZANDO O MAPBIOMAS EM BACIA HIDROGRÁFICA

*Débora Rodrigues Soares¹; João Victor Bezerra Chaves²; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva³;
Sylvana Melo dos Santos⁴ & Leidjane Maria Maciel de Oliveira⁵*

RESUMO – O Sensoriamento Remoto é uma prática cada vez mais disseminada para processar e analisar imagens referentes ao uso do solo e dos recursos hídricos utilizando os espectros de luz refletidos. Com isso surgiram projetos, softwares, ferramentas e índices para avaliar o crescimento urbano, os recursos hídricos, a vegetação da região, o tipo de utilização do solo, entre outros fatores. Levando esse fato em consideração, o presente artigo que tem como objetivo analisar a cobertura vegetal e hídrica da bacia do Rio Brígida utilizando imagens dos anos de 2013, 2015 e 2019, obtidas através do projeto MapBiomias, e também avaliando quantitativamente dos índices NDWI e NDVI, obtidos por meio das imagens geradas pelo editor de códigos do *Google Earth Engine* e, dos seus processamentos utilizando o *software* QGIS versão 3.16.10 Hannover. Diante dos resultados obtidos foi possível concluir que houve uma diminuição na quantidade de corpos hídricos e de vegetação da bacia do Rio Brígida entre 2013 e 2015, elevando-se de 2015 para 2019, de acordo com os índices NDVI e NDWI, fato também detectado nas imagens de uso e ocupação do solo do MapBiomias.

ABSTRACT– Remote Sensing is an increasingly widespread practice to process and analyze images referring to land use and water resources using reflected light spectra. As a result, projects, software, tools and indexes emerged to assess urban growth, water resources, the region's vegetation, the type of land use, among other factors. Taking this fact into account, the present article aims to analyze the vegetation and water cover of the Brígida River basin using images from the years 2013, 2015 and 2019, obtained through the MapBiomias project, and also quantitatively evaluating the NDWI and NDVI indices, obtained through the images generated by the Google Earth Engine code editor and their processing using the QGIS software version 3.16.10 Hannover. In view of the results obtained, it was possible to conclude that there was a decrease in the amount of water bodies and vegetation in the Brígida River basin between 2013 and 2015, increasing from 2015 to 2019, according to the NDVI and NDWI indices, a fact also detected in the land use and occupation images from MapBiomias.

Palavras-Chave – Landsat 8, NDWI, NDVI

¹) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: debora.rsoares@ufpe.br

²) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: joao.chaves@ufpe.br

³) Professor do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: anderson.paiva@ufpe.br

⁴) Professora do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: sylvana.santos@ufpe.br

⁵) Professora do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: leidjane.oliveira@ufpe.br

1 - INTRODUÇÃO

Diante das mudanças do uso do solo, numerosas técnicas tem sido aplicadas para caracterizar e quantificar os corpos d'água, e uma delas é a que se trata dos dados obtidos pelo Sensoriamento Remoto (SR). Seu uso tem provido importantes mapeamentos da superfície, de modo a economizar tempo e recursos, segundo Yang *et al.* (2017).

Um dos meios conhecidos para a obtenção de mapas para uso e cobertura do solo é o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomias. De acordo com a própria definição do MAPBIOMAS (2022), o projeto produz o mapeamento anual da cobertura e uso da terra desde 1985. Neste projeto, todos os biomas proporcionam imagens Landsat, sem nuvens, baseados em períodos específicos que proporcionem uma otimização do contraste espectral para distinguir suas classes. Essas imagens são tratadas para melhorar a qualidade e integridade do dado, e depois são construídos mosaicos temporais específicos dessas referidas imagens. Desse modo, o MapBiomias não utiliza apenas a imagem de uma única data para definir suas classes, e sim um conjunto de imagens em determinados períodos que permitam uma análise anual.

Além da verificação da cobertura do solo brasileiro realizado pelo MapBiomias, existem outros métodos promissores para a geoespacialização do uso dos solos e monitoramento dos corpos hídricos e vegetais. Na visão de Holanda e Guerra (2010), diversos índices espectrais têm sido propostos com o objetivo de explorar as propriedades georreferenciadas do mosaico terrestre. Entre esses índices espectrais encontram-se o Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI) e o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) que são modelados considerando os comprimentos de ondas dos dados orbitais.

O NDWI, de acordo com McFeeters (1996), é uma modelagem desenvolvida para delinear recursos de água e realçar sua presença por meio de imagens digitais de SR. Esse índice faz uso do infravermelho próximo refletido e da reflexão do verde visível para realçar a presença de recursos hídricos e eliminar a presença de solo e da vegetação terrestre.

Já o índice NDVI, se trata de um dos melhores indicadores do estado de crescimento de cobertura vegetação, segundo Li *et al.* (2021). Seu resultado é obtido pela razão entre as reflectâncias de infravermelho próximo e vermelho refletidos.

Esses índices são aplicados em regiões específicas, onde se deseja obter conhecimento da vegetação e dos recursos hídricos através do geoprocessamento. Para o presente caso, é observada a bacia do rio Brígida, onde a APAC (2020) identificou como a maior bacia hidrográfica do semiárido de Pernambuco. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar os índices espectrais por Sensoriamento Remoto e o uso do solo utilizando o MapBiomias na bacia hidrográfica rio Brígida.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Brígida (Figura 1), que ao norte tem limite com os estados do Ceará e Piauí e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 9, ao Sul com a bacia do riacho das Garças e com o grupo de pequenos rios interiores 6, a Leste com a bacia do rio Terra Nova e com o grupo de pequenos rios interiores 5, e a oeste com o estado do Piauí. Sua área é de 13.495,73 km², detendo 15 municípios, apresentando uma extensão aproximada de 193 km, até desaguar no rio São Francisco (APAC, 2022).

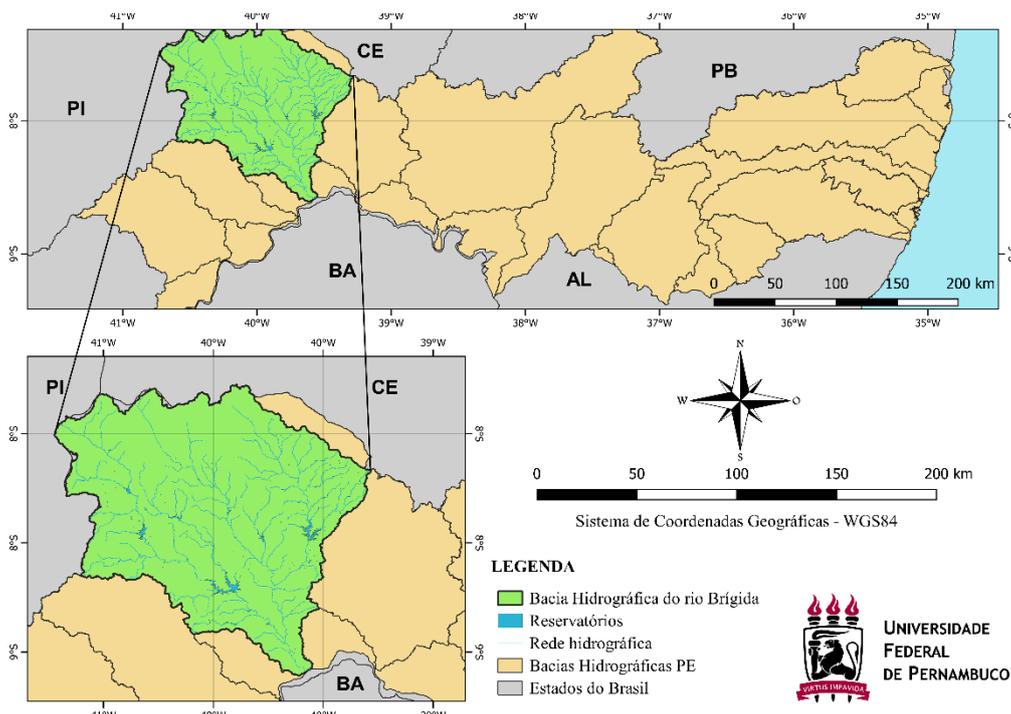


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Brígida - Pernambuco

De acordo com a pesquisa realizada por Galvêncio *et al.* (2007), a bacia hidrográfica do rio Brígida possui aproximadamente 50% de sua área coberta por vegetação, sendo o restante da área encontrada em estágios de usos, podendo esse uso ser de agricultura de sequeiro, exploração predatória de madeira ou outros tipos.

O Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBioma) promove dados, através de imagens do satélite Landsat, acerca da cobertura terrestre. Essas imagens são tratadas e dispostas em coleções, que geram informações acerca da superfície terrestre brasileira. Elas podem ser acessadas através da plataforma/dashboard do MapBiomas, no *asset* de dados no *Google Earth Engine* (GEE), no QGIS, download diretamente no link da coleção 6 e através dos Toolkits (ou kites de ferramentas) do GEE.

Para processamento dos índices espectrais NDWI e NDVI, foi utilizado o editor de código (Code Editor) do *Google Earth Engine* (GEE). Primeiramente foram escolhidas as imagens do satélite

Landsat 8 Collection 1, calibrado para a refletância do topo da atmosfera (TOA). As imagens foram filtradas para uma quantidade de cobertura de nuvens menor que 3%, e foram escolhidas as imagens de acordo com as datas que obtiveram menor cobertura de nuvens, assim foram utilizadas imagens datadas de: 03/09/2013, 27/10/2015 e 20/09/2019.

Escolhidas e filtradas as imagens, foi realizado um mosaico no próprio GEE, com as imagens envolvidas pela bacia hidrográfica, de acordo com o ano em questão. Uma vez obtido o mosaico anual, utilizou-se as bandas ‘B5_first’ e ‘B3_first’, que envolvem os comprimentos de onda do infravermelho próximo e do verde, respectivamente, para calcular o NDWI, e as bandas ‘B5_first’ e ‘B4_first’, que envolvem os comprimentos de onda do infravermelho próximo e do vermelho, respectivamente, para calcular o NDVI.

O Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), proposto por McFeeters (1996) tem como finalidade detectar águas superficiais em ambientes de zonas úmidas e permitir a medição da extensão da água superficial, calculado conforme:

$$NDWI = \frac{\rho_{verde} - \rho_{IVp}}{\rho_{verde} + \rho_{IVp}} \quad (1)$$

em que: ρ_{verde} é a reflectância da banda do verde e ρ_{IVp} é a reflectância da banda do infravermelho próximo.

A obtenção do NDVI proposto por Rouse *et al.* (1973), apresenta uma variação entre -1 e 1. Valores positivos e mais próximos de 1 formam superfícies verdes, e os valores negativos equivalem a água ou nuvens, conforme:

$$NDVI = \frac{\rho_{IVp} - \rho_V}{\rho_{IVp} + \rho_V} \quad (2)$$

em que: ρ_{IVp} é a reflectância do infravermelho próximo e ρ_V é a reflectância do vermelho.

Após obtidas as imagens processadas da bacia e seu contorno, as imagens foram baixadas e alocadas no QGIS 3.16.10. Em seguida foi realizada a reprojeção das imagens, e seu corte de acordo com a máscara da bacia do Rio Brígida.

Para o NDWI, foi utilizada, no software QGIS, a calculadora raster para identificar os pontos onde se encontravam água, e em seguida foi utilizada a ferramenta r.report, para identificar a área de água dentro da bacia, dados em km². Para o NDVI, as imagens passaram por uma renderização de banda, utilizando a renderização simples falsa-cor, tendo para valores mais próximos de -1 a cor azul indicando falta de vegetação ou vegetação não saudável, e para regiões mais próximas de 1 a cor verde, indicando vegetações mais saudáveis.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados envolvendo as imagens do MAPBIOMAS (2022) através do PlugIn do QGIS, foram dispostos na Figura 2, para os anos de 2013, 2015 e 2019.

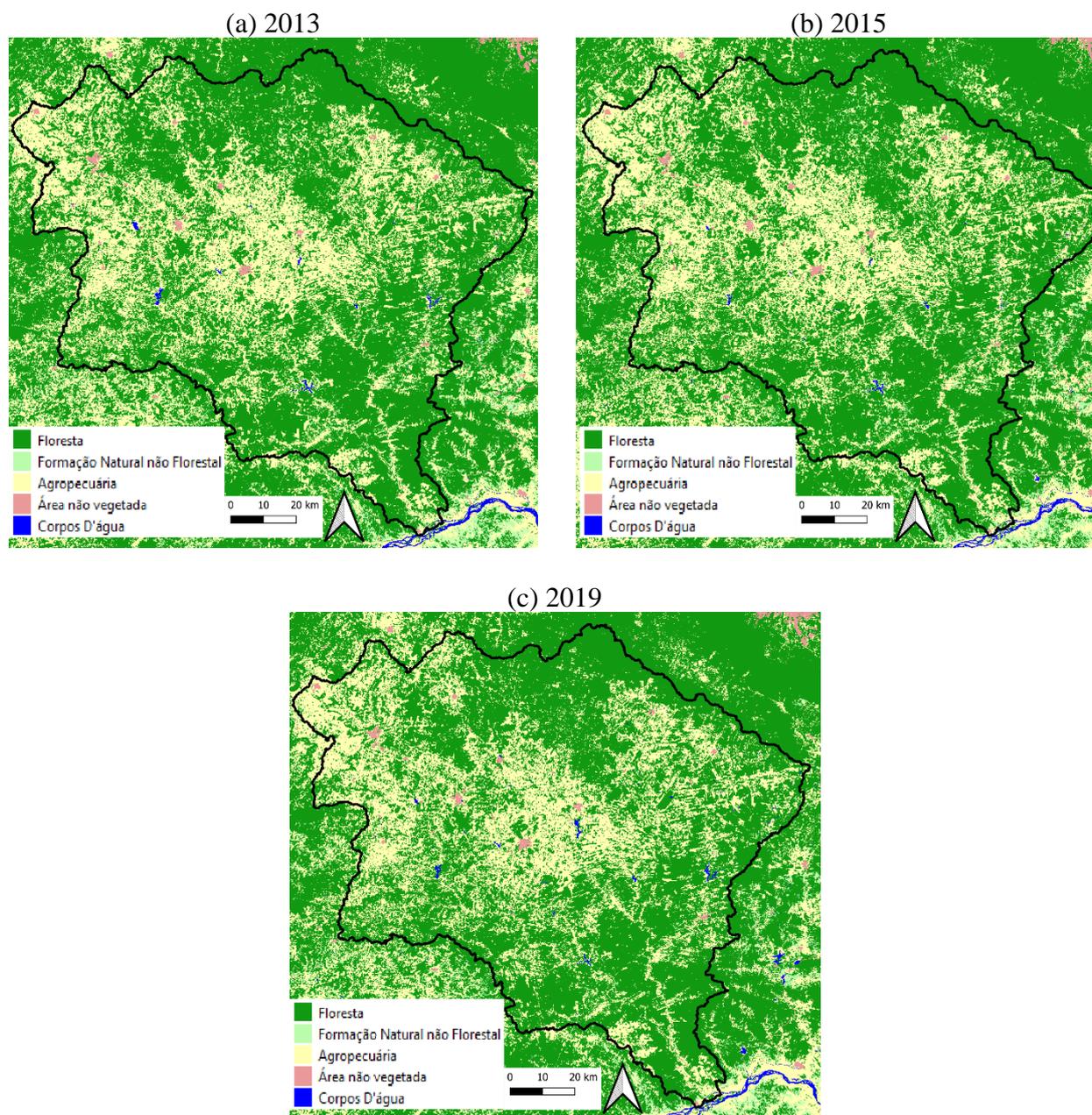


Figura 2 – Bacia do Rio Brígida com classes florestais, formação vegetal, agropecuária, áreas não vegetadas e corpos d'água geradas pelo MapBiomias em (a) 2013, (b) 2015 e (c) 2019

Considerando os três anos observados, foi pouco sensível a percepção das diferenças entre as coberturas vegetais de florestas e regiões de agropecuária entre os anos de 2013, 2015 e 2019, porém foi possível perceber diferenças nos corpos hídricos da região. Dentre as imagens foi perceptível uma

diminuição dos corpos d'água entre os anos de 2013 e 2015, seguida de um aumento da área de águas entre os anos de 2015 e 2019.

Com o NDWI processado, foi realizada a avaliação da quantidade de corpos hídricos presentes na bacia hidrográfica, e foi perceptível que houve uma diminuição de aproximadamente 36,4% do espelho d'água entre os períodos de 2013 e 2015, seguida de um aumento de aproximadamente 63% da área de água entre os anos de 2015 e 2019. Porém, entre os anos de 2013 e 2019 houve uma relativa redução nos valores, chegando a uma redução na área molhada de aproximadamente 42% entre eles. Os resultados em relação as áreas molhadas foram dispostas na Tabela 1:

Tabela 1 – Áreas molhadas durante os anos através do NDWI

Data	Área de água (km ²)
03/09/2013	14,791
27/10/2015	9,407
20/09/2019	25,405

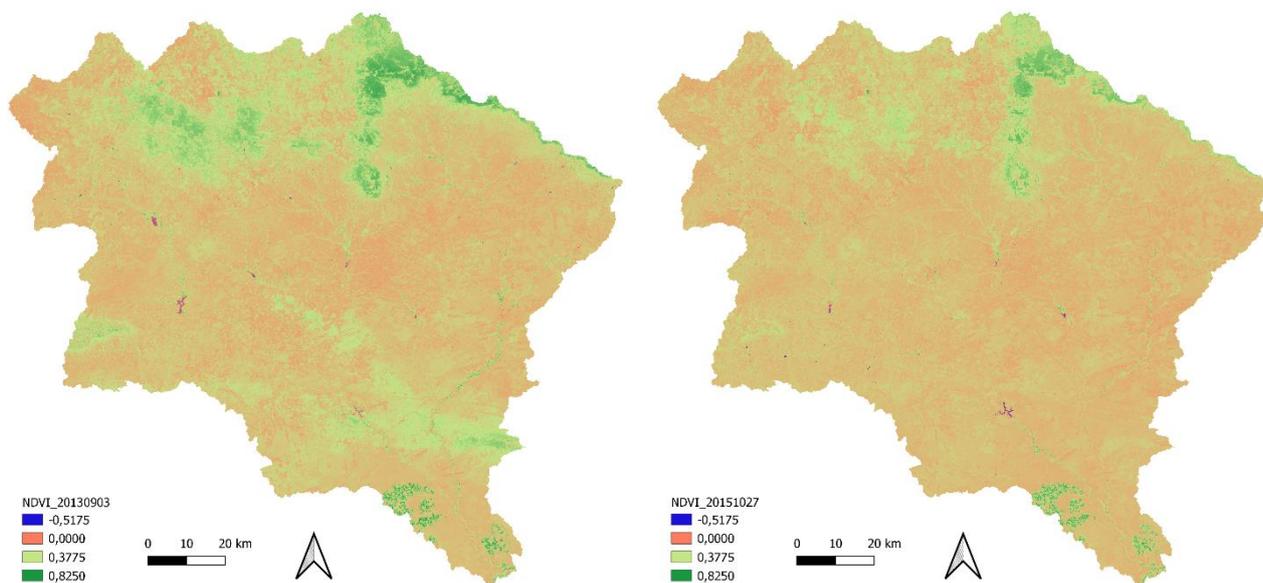
Depois de avaliada a quantidade de corpos hídricos da região, foi realizado a averiguação da espacialização da vegetação através do NDVI (Figura 3). Após o processamento das imagens, foi possível perceber que no período referente a 2013, a bacia possuía mais tons de verde escuro, indicando a presença maior de áreas vegetadas com vegetação saudável. Esse resultado do NDVI condiz com a análise realizada por Fachine (2012), onde destacou que as principais regiões da bacia que sofreriam com as transformações na cobertura vegetal são as porções centro oeste, leste e sul, uma vez que a variação da vegetação é intensa nessas localidades.

Em visualização mais detalhada, destacou-se que em 27/10/2015 (Figura 3a), a quantidade de verde na imagem processada diminuiu, indicando assim o menor vigor vegetativo. Diferentemente, em 20/09/2019 (Figura 3c), foi possível perceber um aumento da coloração verde na imagem, indicando um aumento na quantidade de vegetação saudável.

Quando se compararam a configuração verde das datas do NDVI (Figura 3) e o uso e ocupação do solo pelo MapBiomias (Figura 2), detectou-se em ambas as Figuras, a presença marcante de vegetação (pixel com maiores valores) na região superior da bacia do rio Brígida, também como menores valores do NDVI na região central da bacia. Comprovando a similaridade entre os NDVI's processados e o uso e ocupação do solo pelo MapBiomias. Ainda enfatizando essa afirmativa, Lourenço *et al.* (2021), salientaram que a avaliação das massas d'água e vegetação de bacias hidrográficas, a partir de índices espectrais e classificação do MapBiomias, pode ser utilizada como uma ferramenta complementar para o monitoramento dos recursos hídricos e vegetais.

(a) 03/09/2013

(b) 27/10/2015



(c) 20/09/2019

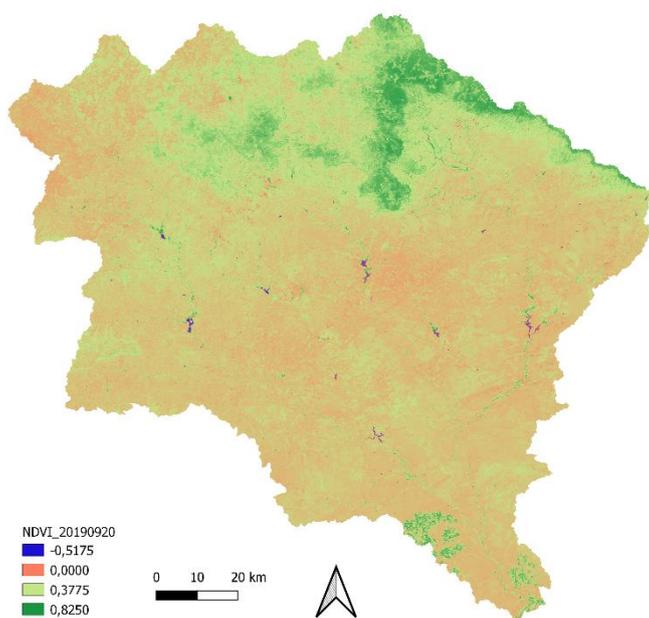


Figura 3 – Resultado do NDVI na Bacia do Rio Brígida em (a) 03/09/2013, (b) 27/10/2015 e (c) 20/09/2019

As respostas obtidas em relação a variação da vegetação também foram condizentes com Teixeira (2018), que analisou a região do Núcleo de Desertificação de Cabrobó - PE, próximo à bacia do Rio Brígida. Em seu estudo, foi considerado um comportamento flutuante da superfície estudada, variando entre degradação e recuperação, ou estabilização dos processos degenerativos, resultando numa recuperação natural.

4 - CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos foi possível concluir que houve uma diminuição na quantidade de corpos hídricos e de vegetação da bacia do Rio Brígida entre 2013 e 2015, elevando-se de 2015 para 2019, de acordo com os índices NDVI e NDWI, fato também detectado nas imagens de uso e ocupação do solo do MapBiomas.

A avaliação da distribuição georreferenciada por sensoriamento remoto dos corpos hídricos e vegetação de bacias hidrográficas, a partir da comparação entre índices espectrais e classificação do MapBiomas, pode ser utilizada com subsídio de ações de gestão dos recursos hídricos e vegetais.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Mestrado da primeira autora; ao Projeto de pesquisa "Coberturas vegetal e hídrica de bacias hidrográficas utilizando imagens orbitais no estado de Pernambuco", aprovado na Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018, processo nº 433914/2018-1 da última autora e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) pelo banco de dados de bacias.

REFERÊNCIAS

APAC, Agência Pernambucana de Águas e Clima (2022). *"Bacias Hidrográficas – Rio Brígida"*. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-brigida/161-bacias-hidrograficas-rio-brigida/25-bacia-do-rio-brigida>. Acesso em 13 de julho de 2022.

APAC (2020). *"Atualização do plano estadual de Recursos Hídricos do Pernambuco – PERH | PE. Produto 2: Relatório de Avaliação do plano estadual de recursos hídricos de 1998 (RA PERH | PE 1998)"*. Recife: 2020.

FECHINE, J. A. L. (2012). *Análise estatística dos impactos das mudanças climáticas na bacia hidrográfica do rio Brígida - PE*. BCFCH/UFPE. Recife – PE, 127 p.

GALVÍNCIO, J. D.; SÁ I. I.S.; MOURA, M. S. B; RIBEIRO J. G (2007). *"Determinação das características físicas, climáticas e da paisagem da bacia hidrográfica do rio Brígida com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto"*. Revista de Geografia, v.24, nº 2. 293-306 (1-14).

HOLANDA, A. S. S.; GUERRA, C. E. (2010). *"Monitoramento da vegetação da região do eixo-forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI"* in III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnológicas da Geoinformação, Recife, Jul. 2010, p. 001-005.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil | 2021**. Natal, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html?edicao=31654&t=acesso-ao-produto>

LI, S.; XU L.; JING, Y.; Y. HANG; LI X.; GUAN X. (2021). “*High-quality vegetation index product generation: A review of NDVI time series reconstruction techniques*”. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation. (1-18).

LOURENÇO, V. R.; CARVALHO, A. C.; ALMEIDA, G. C.; MONTENEGRO, A. A. A. (2021). “*Comparison of water masses áreas in a semiarid basin using spectral índices and MapBiomias classification*”. Journal of Hyperspectral Remote Sensing 11. 196-203 (1-8).

MAPBIOMAS (2022). “*MapBiomias General “Handbook”: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Collection 6 Version 1.0*”. Janeiro, 2022.

MAPBIOMAS, Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (2022). “*O Projeto*”. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em 13 de julho de 2022.

MCFEETERS, S.K. (1996). “*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.

TEIXEIRA, C. M. B. (2018). *Comportamento e integração de indicadores espectrais da desertificação*. BCTG/UFPE. Recife – PE, 152 p.

YANG, X.; ZHAO, S.; QIN, X.; ZHAO N.; LIANG L. (2017). “*Mapping of urban surface water bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m resolution via NDWI-Based image shapening*”. Remote sensing 596(1-19).