

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES IMPERMEÁVEIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BACURI - IMPERATRIZ - MA, UTILIZANDO ÍNDICES DE BANDAS ESPECTRAIS

NÍVEA SOUSA FONSECA¹

TAÍSSA CAROLINE SILVA RODRIGUES²

AFILIAÇÃO

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – CCHSL - Rua Godofredo Viana, 1300 - Centro, Imperatriz - MA, 65900-000.

²Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – CCHSL - Rua Godofredo Viana, 1300 - Centro, Imperatriz - MA, 65900-000. PPGeo - UFMA.

RESUMO

O processo de crescimento das cidades sem um planejamento adequado acaba acarretando uma ocupação desordenada de áreas impróprias, principalmente próximas às margens de rios e riachos. Com todo esse crescimento irregular é inevitável modificações antrópicas que acabam causando desenfreios problemas ambientais, sendo um deles as superfícies impermeáveis. Sendo assim, a presente pesquisa buscou mapear as áreas impermeáveis da bacia hidrográfica do Riacho Bacuri (BHRB) em Imperatriz - MA. Para alcançar esse objetivo foram utilizadas ferramentas do Sensoriamento Remoto, especialmente o uso de índices de bandas espectrais. Para a identificação das superfícies impermeabilizadas foram gerados os índices de NDBI (*Normalized Density Building Index*), NDVI (*Normalized Density Vegetation Index*) e BU (*Build-Up*) dos anos de 1984 e 2022 com as imagens do satélite Landsat 5 e 8 fornecidas pelo site da USGS - Earth Explorer. A partir dos resultados dos índices, nota-se que a perda de vegetação e a ocupação de áreas impermeáveis tiveram um grande crescimento de 1984 em relação ao ano de 2022. As áreas que mais sofrem com o processo de impermeabilização são exatamente as áreas que compreendem os bairros localizados no centro da cidade, em que os problemas de inundação e principalmente alagamento de vias devido a má drenagem, ocorrem com grande frequência. Os resultados alcançados no estudo apresentaram eficiência na utilização dos índices de bandas espectrais para a quantificação das áreas impermeáveis da bacia do Riacho Bacuri.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Geotecnologias; Crescimento Urbano.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

INTRODUÇÃO

O processo de ocupação das cidades sem um planejamento adequado acaba acarretando uma ocupação desordenada de áreas impróprias, principalmente próximas às margens de rios e riachos. Com o crescimento populacional irregular é inevitável que ocorra modificações antrópicas no espaço circundante causando desenfreios problemas ambientais. Um dos problemas são as superfícies impermeáveis, que correspondem às áreas que em razão da impermeabilização provocada pela pavimentação do sistema viário, calçadas, estacionamentos, construção de habitações, fábricas, e galpões, não permite a infiltração da água no solo (Kawakubo et al., 2017).

Dessa forma, a retirada de cobertura vegetal e a construção de obras e edificações reduz a infiltração da água no solo, resultando assim no escoamento superficial. Contudo, o aumento no volume escoado aliado a má drenagem urbana contribui para o acontecimento de alagamentos na bacia hidrográfica do Riacho Bacuri. Além disso, o aumento da impermeabilidade também contribui na ocorrência de inundações na área, pois a água da chuva que antes se infiltrava dentro do solo passa a ser escoada para o curso d'água que também enfrenta problemas como o assoreamento.

Diante disso, surge a importância de serem aplicadas técnicas que produzam informações eficientes para o planejamento de uso e ocupação da terra, com o intuito de diminuir os impactos no ciclo hidrológico em áreas como a da bacia do Riacho Bacuri. Nesta pesquisa foi utilizado especificamente dados da área do Sensoriamento Remoto, que de acordo com Bacani (2015) “constituem-se atualmente uma das principais fontes geradoras de informações e alimentam banco de dados geográficos integrados em um sistema de informação geográfica para análises da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados”.

Uma das técnicas e processos bastante utilizados para a discriminação de objetos nas cenas, são os índices de bandas espectrais, utilizados principalmente para estudos de vegetação e determinação de áreas construídas. Neste trabalho foi gerado o BU (*Build-Up*) que é um índice para separação de áreas impermeáveis e permeáveis criado a partir de dois outros índices, tais como: o NDBI (*Normalized Density Building Index*) índice de diferença normalizada de áreas construídas e o NDVI (*Normalized Density Vegetation Index*) índice de diferença normalizada para a vegetação.

As superfícies impermeabilizadas acabam gerando intensos problemas de inundação na

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

área da bacia, além de pontos de alagamento devido à má drenagem urbana. Portanto, é necessário compreender o processo de crescimento urbano e também as alterações no uso e cobertura da terra para que se faça um melhor planejamento urbano. Diante disso, este trabalho parte da necessidade da realização de um diagnóstico e quantificação das áreas impermeáveis da bacia hidrográfica do Riacho Bacuri, por meio de ferramentas do Sensoriamento Remoto, com uso de índices de bandas espectrais.

METODOLOGIA

Para a etapa de processamento digital das imagens de satélite foram utilizadas imagens do satélite da família LANDSAT 5, sensor TM, LANDSAT 8, sensor OLI, dos anos de 1984 e 2022, respectivamente. Essas imagens foram adquiridas no site da U. S. Geological Survey (USGS - earth explorer). Elas foram utilizadas para a geração dos índices espectrais, BU, NDVI e NDBI.

O primeiro índice gerado foi o índice NDVI (*Normalized Density Vegetation Index*) o índice da diferença normalizada para a vegetação que utiliza as bandas do infravermelho próximo, NIR, e a banda do vermelho, R, e apresenta a seguinte equação (02):

$$\text{Equação 01: } \text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{V}) / (\text{NIR} + \text{V}).$$

Após isso foi gerado o NDBI (*Normalized Density Building Index*) é o índice de diferença normalizada de áreas construídas, que utiliza as bandas de infravermelho médio, SWIR e infravermelho próximo, NIR, e apresenta a seguinte equação (02):

$$\text{Equação 02: } \text{NDBI} = (\text{SWIR}-\text{NIR}) / (\text{SWIR}+ \text{NIR}).$$

A partir desses dois índices, foi gerado o BU, proposto por He et al (2010) que apresenta um índice para separação de áreas impermeáveis e permeáveis. Este é derivado de imagens contínuas do NDBI e NDVI, para que os valores positivos de NDBI indiquem as áreas construídas e os valores positivos de NDVI indiquem as áreas de vegetação. Separando as áreas urbanas das áreas vegetadas e de solo exposto. Dessa forma, a equação do BU é (equação 03):

$$\text{Equação 03: } \text{BU} = \text{NDBI}^2 - \text{NDVI}^2.$$

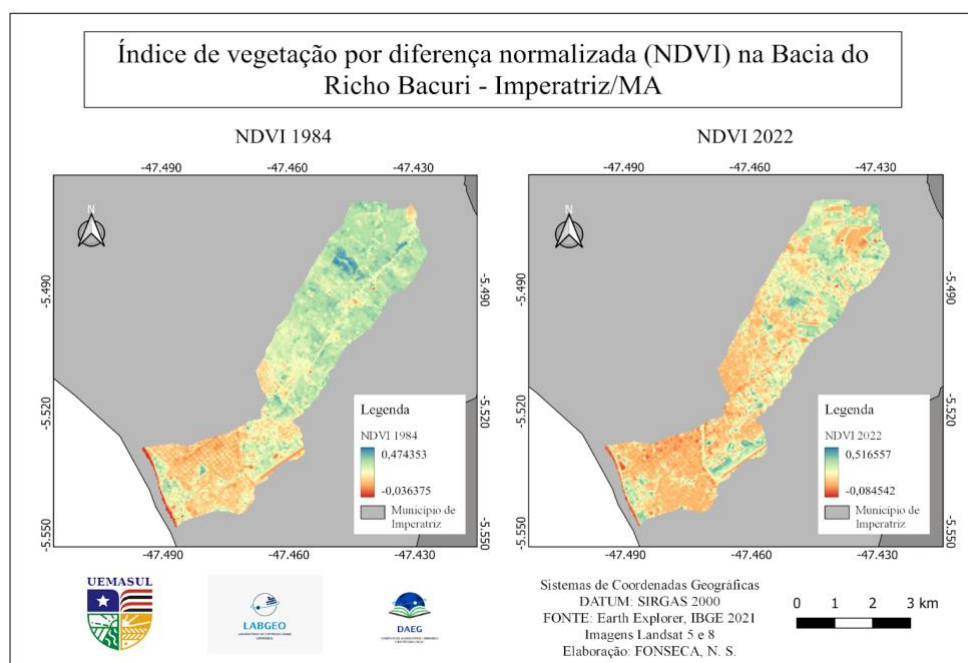
RESULTADOS E DISCUSSÃO

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

Para a identificação das áreas impermeáveis da bacia, a partir dos índices, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 e 8, imagens de 1984 e 2022, respectivamente. O primeiro índice realizado foi o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que indica a quantidade e condição da vegetação, apresentando também a densidade e umidade da superfície (BRITO et al., 2015). “Geralmente para superfícies com presença de alguma vegetação o valor do NDVI é positivo, para superfícies sem vegetação o valor é nulo, já para a água e nuvens o valor geralmente é negativo” (SOUZA, 2019).

Os resultados de NDVI (Figura 1) na bacia para o ano de 1984 com imagens do Landsat 5 resultaram em valores que variaram de -0,036375 e 0,474353, já os de 2022 representados pelas imagens do Landsat 8 obtiveram uma variação entre -0,084542 e 0,516557. Na escala de cores, o vermelho indica as áreas de corpos hídricos, a tonalidade que vai do laranja ao amarelo representa ausência de cobertura vegetal, com destaque para áreas urbanizadas, e o verde indica presença de cobertura vegetal.

Figura 1- Resultado do NDVI de 1984 e 2022.



Fonte: Autoras (2023).

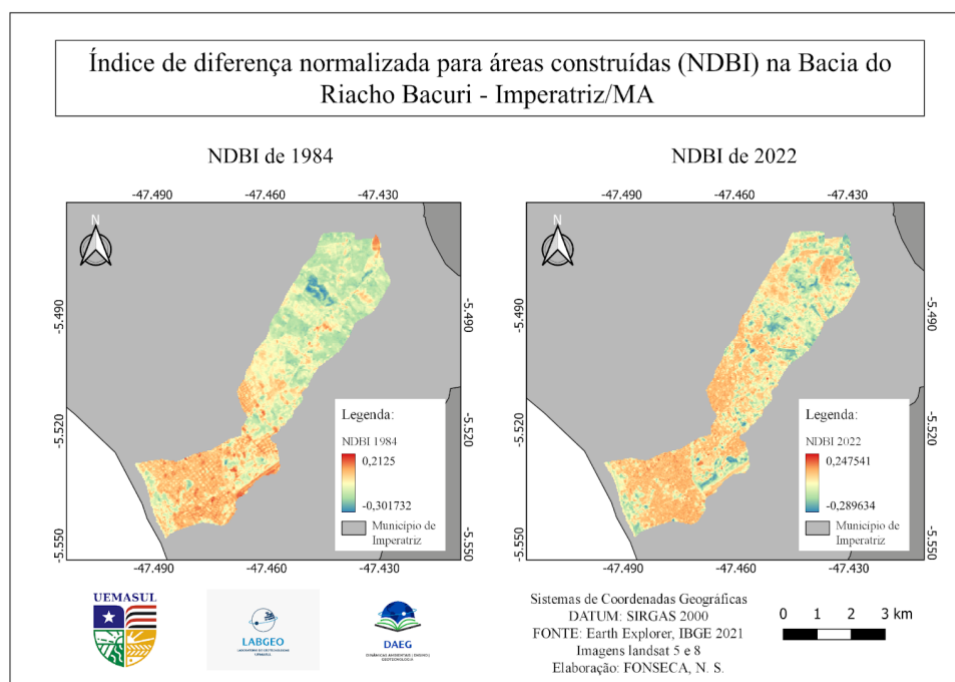
A geração e resultados dos índices conseguiram representar de maneira eficiente as áreas impermeáveis existentes na bacia estudada. A partir do mapeamento do índice de NDVI

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

pôde-se perceber a quantidade de cobertura vegetal que foi perdida entre os anos de 1984 e 2022 com o processo de ocupação urbana e construção de ruas. Além disso, o NDVI como já citado, mostra não só o índice de vegetação da área, mas também a presença de corpos hídricos no local, sendo um fator bastante importante para análises mais detalhadas. Aqui fica nítido que houve uma perda de vegetação na área estudada, apesar que no ano de 2022 encontrou-se alguns valores de NDVI mais próximo de 1 do que 1984, o que pode ser explicado pelo período de aquisição das imagens e pela umidade da vegetação, porém, visualmente fica claro que as áreas de vegetação estão localizadas em menores regiões da cena.

Na Figura 2, observa-se a evolução de áreas construídas na bacia a partir do NDBI (*Normalized Density Building Index*). Assim como o índice anterior, este possui uma escala de variação que vai do -1 ao 1, em que os maiores valores representam áreas construídas, enquanto os valores negativos representam áreas não construídas (SOUSA, 2010). O resultado desse índice no mapa variou entre -0,301731 a 0,2125 no ano de 1984 com imagens do Landsat 5, e entre - 0,289634 e 0,247541 no ano de 2022 com as imagens do Landsat 8, as cores que vão do vermelho ao laranja indicam as áreas urbanas, já o verde se refere a vegetação existente.

Figura 2 - Resultado do NDBI de 1984 e 2022.



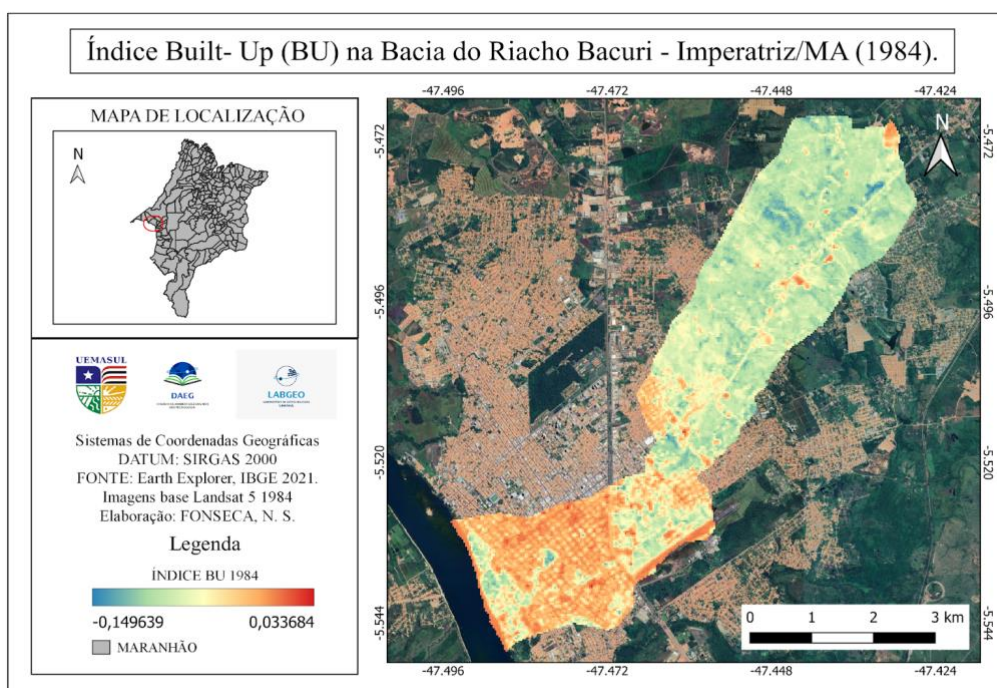
Fonte: Autoras (2023).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

Os resultados do NDBI dos anos de 1984 e 2022 trouxeram uma melhor representação de superfícies construídas. Ao comparar os resultados deste índice nos dois anos analisados, nota-se uma representação mais eficiente do crescimento urbano na área da bacia do Riacho Bacuri. Em contrapartida, mesmo o NDBI sendo um índice voltado diretamente para quantificar os valores de áreas construídas, ele apresentou algumas falhas e não evidenciou algumas ruas no espectro de cores se comparado ao índice de vegetação.

Para melhorar os resultados de diferenciação das áreas permeáveis e impermeáveis, gerou-se o BU (*Built-up index*). O índice BU para o Landsat 5 de 1984 apresentou um intervalo entre -0,149639 e 0,033684 (Figura 03), já o índice BU para o Landsat 8 de 2022 o intervalo entre -0,211353 e 0,058345 (Figura 04). Os tons de laranja que são representados por valores positivos correspondem às áreas impermeáveis, especialmente as de construção urbana já os valores negativos indicados por tons verdes caracterizam as áreas permeáveis com cobertura vegetal.

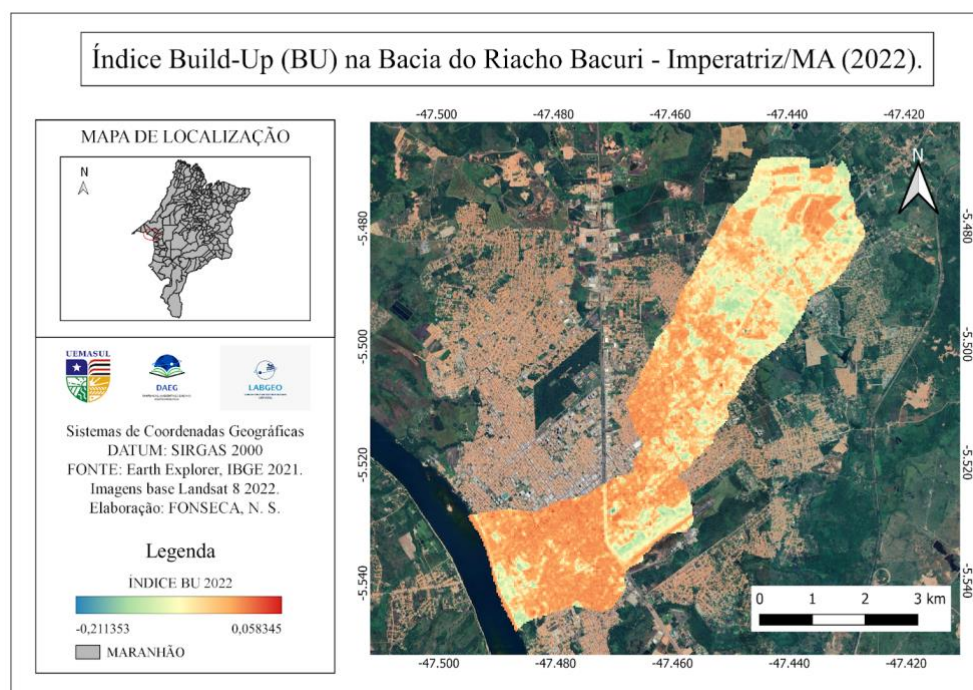
Figura 3 - Resultado do BU de 1984 e 2022.



Fonte: Autoras (2023).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

Figura 4 - Resultado do BU de 1984 e 2022.



Fonte: Autoras (2023).

O índice de Build-Up se mostrou também efetivo já que evidenciou áreas que os outros índices acabaram não apresentando. Como o NDVI minimiza os resultados de áreas com o crescimento urbano, bem como o NDBI também apresenta algumas limitações próprias, o índice de BU melhora os resultados separando os dados. Ao separar esses dados os resultados apresentaram uma melhor diferenciação das áreas permeáveis e impermeáveis, assim foi melhor visualizado por exemplo, as áreas com cobertura de asfalto, em que nos outros dois índices não se apresentavam tão evidentes.

As áreas que mais sofrem com o processo de impermeabilização são exatamente as áreas que compreendem os bairros localizados no centro da cidade, em que os problemas de inundação e principalmente alagamento de vias devido a má drenagem, ocorrem com grande frequência. A área que apresentou uma maior quantidade de vegetação, sendo assim áreas permeáveis, é justamente a região em que houve um processo de ocupação mais recente em relação ao centro da cidade, essa área fica nas proximidades da área de nascente do Riacho que já vem sofrendo bastante com a construção de condomínios e a ocupação sem planejamento.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 11 de novembro de 2023- Imperatriz-MA

CONCLUSÕES

Os resultados alcançados no estudo apresentaram a eficiência da utilização dos índices de bandas espectrais para a identificação das áreas impermeáveis da bacia do Riacho Bacuri. As diferenças de resultados de quantificação de superfícies impermeáveis que os índices de NDVI e NDBI apresentaram acabam mostrando a importância de se utilizar o índice de Build-Up para melhorar as informações de diferenciação das áreas permeáveis e impermeáveis. Porém, também apresentou limitação já que considerou áreas com corpos hídricos como superfície impermeável.

Dessa forma, o estudo ressalta a importância dos índices de bandas espectrais para compreender as mudanças nas áreas urbanas, oferecendo informações para o planejamento sustentável, especialmente diante dos desafios relacionados à impermeabilização e seus impactos nas condições ambientais e de drenagem.

APOIO FINANCEIRO

UEMASUL - Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACANI, V. M. et al. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 119-135, 2015.

BRITO, R. R. de et al. Índices de vegetação SAVI, NDVI e temperatura de brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí-DITALPI. **Anais, Brasil**, v. 25, 2016.

HE, C.; SHI, P.; XIE, D; ZHAO, Y. Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. **Remote Sensing Letters**, 1: 4, 213 – 221, 2010.

KAWAKUBO, F. S.; MARTINS, M. H.; MORATO, R. G. Mapeamento de superfícies impermeáveis na Região Metropolitana de São Paulo utilizando fotografias aéreas e imagens LANDSAT-8 OLI. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 4676-4686, 2017.

SOUSA, M. T. **Análise do NDBI como método para classificar áreas construídas para os anos de 2000 e 2010 nos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí, São Paulo.** 2010.

SOUZA, J. R. de. **Índice de vegetação ndvi na distinção da cobertura vegetal presente no estuário do rio potengi**, Natal-RN. 2019.