

ANÁLISE DO NDVI E NDBI PARA AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA COBERTURA URBANA NO BAIRRO JARDIM AMÉRICA NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ – AP, NO PERÍODO ENTRE 2008 E 2021.

ANALYSIS OF NDVI AND NDBI TO EVALUATE THE EXPANSION OF URBAN COVERAGE IN THE JARDIM AMÉRICA NEIGHBORHOOD IN THE CITY OF MACAPÁ - AP, IN THE PERIOD BETWEEN 2008 AND 2021.

Marcus Vinícius Braga Baía^{1*}, Pedro Américo Tavares da Silva Júnior², Daniele Cristina de Brito Lima Soares³

¹Engenheiro Florestal, UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia), Av. Tancredo Neves, n° 2501 – Terra Firme – CEP: 66.077-830 – Belém-PA, Brasil, E-mail: mvb8067@gmail.com

²Engenheiro Florestal, UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia), Av. Tancredo Neves, n° 2501 – Terra Firme – CEP: 66.077-830 – Belém-PA, Brasil, E-mail: patsjr@gmail.com

³Doutora em Agronomia na área de Manejo e Conservação de Recursos Ambientais, UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia), Av. Tancredo Neves, n° 2501 – Terra Firme – CEP: 66.077-830 – Belém-PA, Brasil, E-mail: eleinad.lima@gmail.com

Resumo

Palavras-chave: Expansão urbana, ressaca, cobertura do solo, Map Biomias, índices espectrais.

O bairro Jardim América está localizado no eixo oeste da cidade de Macapá está inserido na zona de influência da Ressaca da Lagoa dos Índios e através das observações das alterações das classes de cobertura do solo, o presente trabalho teve como objetivo a utilização dos índices espectrais **NDVI** e **NDBI** enquanto instrumento de avaliação da expansão urbana num intervalo de tempo de aproximadamente 13 anos, através do sensoriamento remoto. O estudo teve como pilar a utilização de ferramentas geotecnológicas capazes de classificar as imagens dos sensores orbitais **Landsat 5 TM** e **Landsat 8 OLI**, do serviço geológico norte americano. As classes definidas foram Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado, Formação Campestre e Área Urbanizada. A delimitação, quantificação e análises dessas áreas no bairro foram feitas usando o software livre QGIS versão 3.22.6 LTR Białowieża. A partir do MapBiomias, foram confeccionados mapas de uso e cobertura do solo que serviram de parâmetro comparativo para os mapas de NDVI e NDBI, que indicaram uma considerável expansão urbana em substituição de boa parte da vegetação na paisagem da área de ressaca.

ABSTRACT

Keywords Expansão urbana, ressaca, cobertura do solo, MapBiomias, spectral indices

The Jardim América neighborhood is located in the western axis of the city of Macapá, it is inserted in the influence zone of the Ressaca da Lagoa dos Índios and through the observations of the alterations of the land cover classes, the present work had as objective the use of the NDVI and NDBI spectral indices as an instrument for assessing urban expansion over a period of approximately 13 years, through remote sensing. The study was based on the use of geotechnological tools capable of classifying the images of the Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI orbital sensors, from the United States Geological Survey. The defined classes were Forest Formation, Savanna Formation, Flooded Field, Grassland Formation and Urbanized Area. The delimitation, quantification and analysis of these areas in the neighborhood were carried out using the free software QGIS version 3.22.6 LTR Białowieża. From the MAPBIOMAS, land use and cover maps were made, which served as a comparative parameter for the NDVI and NDBI maps, which indicated a considerable urban expansion in replacement of a good part of the vegetation in the landscape of the ressaca area.

INTRODUÇÃO

O padrão de urbanização imprimiu às metrópoles – apesar das especificidades regionais – ao menos duas fortes características associadas ao modo predominante de fazer “cidade”: apresentam componentes de “insustentabilidade” associados aos processos de expansão da área urbana e de transformação e modernização dos espaços intraurbanos; e proporcionam baixa qualidade de vida urbana a parcelas significativas da população (GROSTEIN, 2001, p. 14).

Atualmente, a constante ocupação desregulada e inadequada das ressacas, tem gerado problemas graves para

o processo de urbanização no município de Macapá. Essa ocupação irregular nessas áreas acarreta acúmulo de lixo, aterramento, carência de infraestrutura, proliferação de doenças, aumento no índice de periculosidade das áreas e em suas proximidades (AMADOR e AZEVEDO, 2021, p. 2).

De acordo com Néri (2004), ressaca é uma expressão regional empregada para designar um ecossistema típico da zona costeira do Amapá. São áreas encaixadas em terrenos Quaternários que se comportam como reservatórios naturais de água, caracterizando-se como um ecossistema complexo e distinto, sofrendo os efeitos da ação das marés, por meio de uma intrincada rede de canais e igarapés, e do ciclo sazonal das

chuvas, apresentando por isso, uma estação de cheia (janeiro a junho) e outra de seca (agosto a dezembro).

Apesar de uma vasta legislação de proteção tais áreas continuam sendo ocupadas, o poder público permanece inerte neste sentido. Diversas moradias continuam sendo construídas e a ocupação cresce de forma desordenada e sem o controle do processo de antropização. Os problemas das áreas úmidas afetam as cidades provocam alagamentos, aterramentos, supressão da vegetação e se agrava a cada dia com o crescimento populacional. Sob o aspecto social o diálogo institucional tem sido realizado com a participação efetiva de várias instituições e a população que habita nessas áreas, de forma que se possa conhecer as dificuldades e promover políticas e projetos integrados direcionados a atender estes moradores (TOSTES e DIAS, 2016, p. 5).

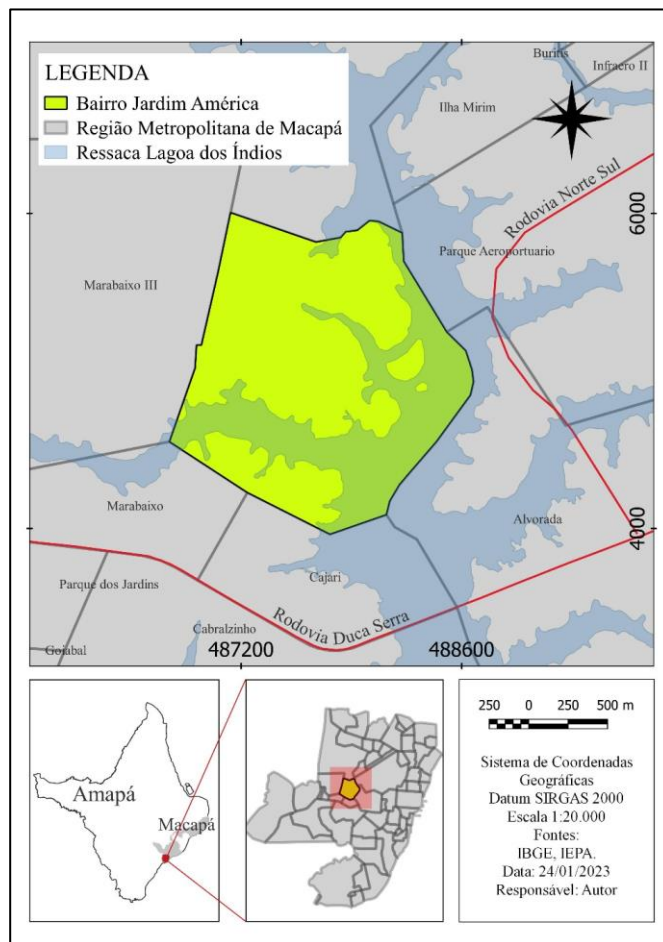
A utilização de produtos orbitais de sensoriamento remoto mostra-se eficiente no trabalho de monitoramento do crescimento urbano, comprovado pelos resultados obtidos na comparação destes com a “verdade terrestre”, afirmando assim a sua utilidade como instrumento de estudo do espaço urbano. As dificuldades encontradas na análise das imagens de satélite se mostraram principalmente no processo de classificação destas, devido a heterogeneidade do ambiente urbano e ao comportamento espectral de alguns alvos da natureza serem muito semelhantes aos existentes em áreas urbanas (OLIVEIRA e COSTA, 2001, p. 1138).

O objetivo do estudo é avaliar a expansão urbana do bairro Jardim América no município de Macapá – AP, comparando os resultados do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e NDBI (Índice de Área Construída por Diferença Normalizada) gerados pelo processamento de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 utilizando o QGIS, no período de 2008 a 2021.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no bairro Jardim América, de aproximadamente 6.367 m de perímetro e área de 261 ha, localizado no eixo oeste da cidade de Macapá, Estado do Amapá (Figura 1).

Figura 1. Localização do bairro Jardim América na cidade de Macapá – Amapá.



Fonte: Autor (2023)

A base vetorial utilizada de origem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, IEPA - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá e Prefeitura Municipal de Macapá - PMM, foi obtida junto à Coordenadoria de Geoprocessamento – CGEO da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Amapá - SEMA-AP através de ofício interno. A base para os cálculos dos índices espectrais empregados neste estudo, foi uma cena do satélite Landsat 5, sensor TM, com data de aquisição de 11 de julho de 2008 e outra do satélite Landsat 8, sensor OLI, com data de aquisição de 19 de outubro de 2021. Ambas as cenas de Órbita/Ponto 225/60, com resolução multiespectral de 30 metros, com baixa cobertura de nuvens para a área de interesse, obtidas da coleção 2, nível 2 que já possuem correção atmosférica, geométrica e radiométrica, do site do United States Geological Survey (USGS, 2023).

Para o geoprocessamento das imagens e confecção dos mapas considerados foi utilizado o software QGIS versão 3.22.6 LTR Białowieża.

A fim de validar as observações dos mapas dos índices espectrais, foram confeccionados mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 2008 e 2021, seguindo a classificação do MapBiomas, cujos dados foram obtidos pelo download

direto da Coleção 7 com mapas de Cobertura e Uso do Solo de todo o Brasil em formato GeoTiff (um mapa para cada ano): acessando o site do MapBiomias (MAPBIOMAS, 2023).

Tendo como base esses mapas, foi confeccionado um mapa de transição a fim de identificar as mudanças das classes consideradas (Tabela 1). A paisagem estudada é formada pela interação ressaca (Lagoa dos Índios) e limite da expansão urbana (Figura 2 e 3).

Tabela 1. Descrição da Legenda do MapBiomias

Classe	Características
Formação Florestal	Vegetação - estrato arbóreo com presença de palmeiras – buriti
Formação Savânica	Vegetação aberta - estrato arbustivo e/ou arbóreo mais ou menos desenvolvido e estrato herbáceo sempre presente
Campo Alagado	Vegetação de várzea ou campestre que sofre influência fluvial e/ou lacustre
Formação Campestre	Vegetação - estrato herbáceo predominante
Área Urbanizada	Expansão Urbana

Figura 2. Construções de habitações nos limites da ressaca – imagem registrada em janeiro de 2023.



Fonte: Autor (2023)

Figura 3. Vegetação característica da ressaca – imagem registrada em janeiro de 2023.



Fonte: Autor (2023)

Para avaliação da expansão da cobertura urbana propriamente dita, foram comparados os índices espectrais NDVI e NDBI, que tratam dos alvos relacionados à vegetação e áreas construídas respectivamente.

O NDVI auxilia na identificação da densidade de vegetação, proposto por Rouse et al. (1973). É obtido através da seguinte expressão:

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

IVP é a banda correspondente ao infravermelho próximo e o V é a banda referente ao vermelho. Logo, para a imagem do Landsat 7 o IVP considerado é a banda 4 e o V é a banda 3, assim como, para a imagem do Landsat 9 o IVP é a banda 5 e o V é a banda 4 (Tabela 2). O resultado varia de -1 a +1, num gradiente de cores partindo do vermelho em direção ao verde.

O NDBI é usado para destacar o adensamento de construções e manchas urbanas, proposto por Zha et al. (2003). É calculado conforme a fórmula a seguir:

$$NDBI = \frac{(IVM - IVP)}{(IVM + IVP)}$$

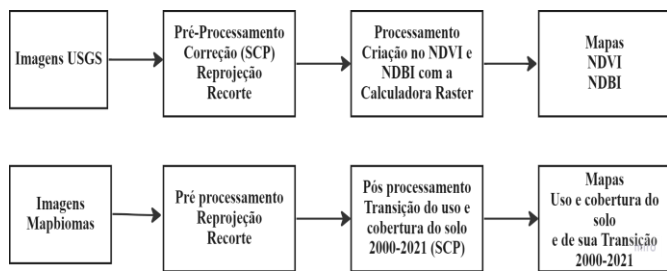
IVM é a banda correspondente ao infravermelho de ondas curtas ou médio e o IVP é a banda referente ao infravermelho próximo. Logo, para a imagem do Landsat 5 o IVM considerado é a banda 5 e o IVP é a banda 4, assim como, para a imagem do Landsat 8 o IVM é a banda 6 e o IVP é a banda 5 (Tabela 2). O resultado também varia de -1 a +1, num gradiente de cores partindo do verde em direção ao vermelho.

Tabela 2. Bandas utilizadas para o cálculo dos índices espectrais

NDVI		NDBI	
LANDSAT 5	LANDSAT 8	LANDSAT 5	LANDSAT 8
Banda 3 Vermelho (0.63 - 0.69 µm)	Banda 4 Vermelho (0.64 - 0.67 µm)	Banda 4 Infravermelho próximo (0.77 - 0.90 µm)	Banda 5 Infravermelho próximo (0.85 - 0.88 µm)
Banda 4 Infravermelho próximo (0.77 - 0.90 µm)	Banda 5 Infravermelho próximo (0.85 - 0.88 µm)	Banda 5 Infravermelho de ondas curtas (1.55 - 1.75 µm)	Banda 6 Infravermelho de ondas curtas 1 (1.57 - 1.65 µm)

A metodologia deste trabalho está expressa no fluxograma da Figura 4.

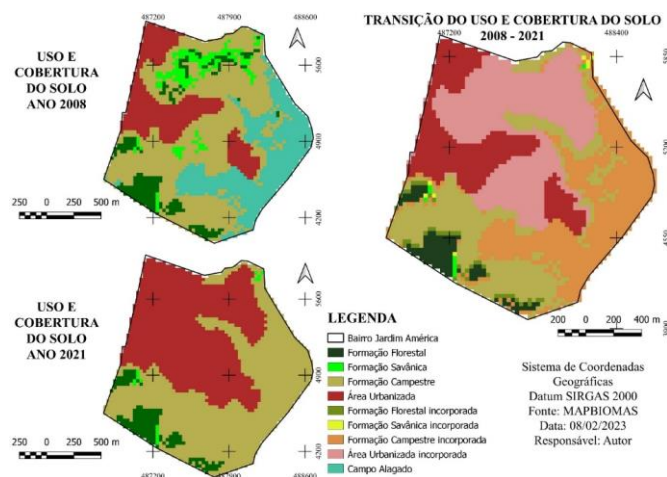
Figura 4. Fluxograma da metodologia desenvolvida



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de auxiliar na interpretação dos índices espectrais, foram considerados os mapas de uso e cobertura do solo dos anos 2008 e 2021 e sua transição (Figura 5).

Figura 5. Mapas de uso e cobertura do solo dos anos 2008 e 2021 e sua transição.



Os valores dos tamanhos das áreas das classes de uso e cobertura do solo, nos anos examinados, estão contidos na Tabela 3.

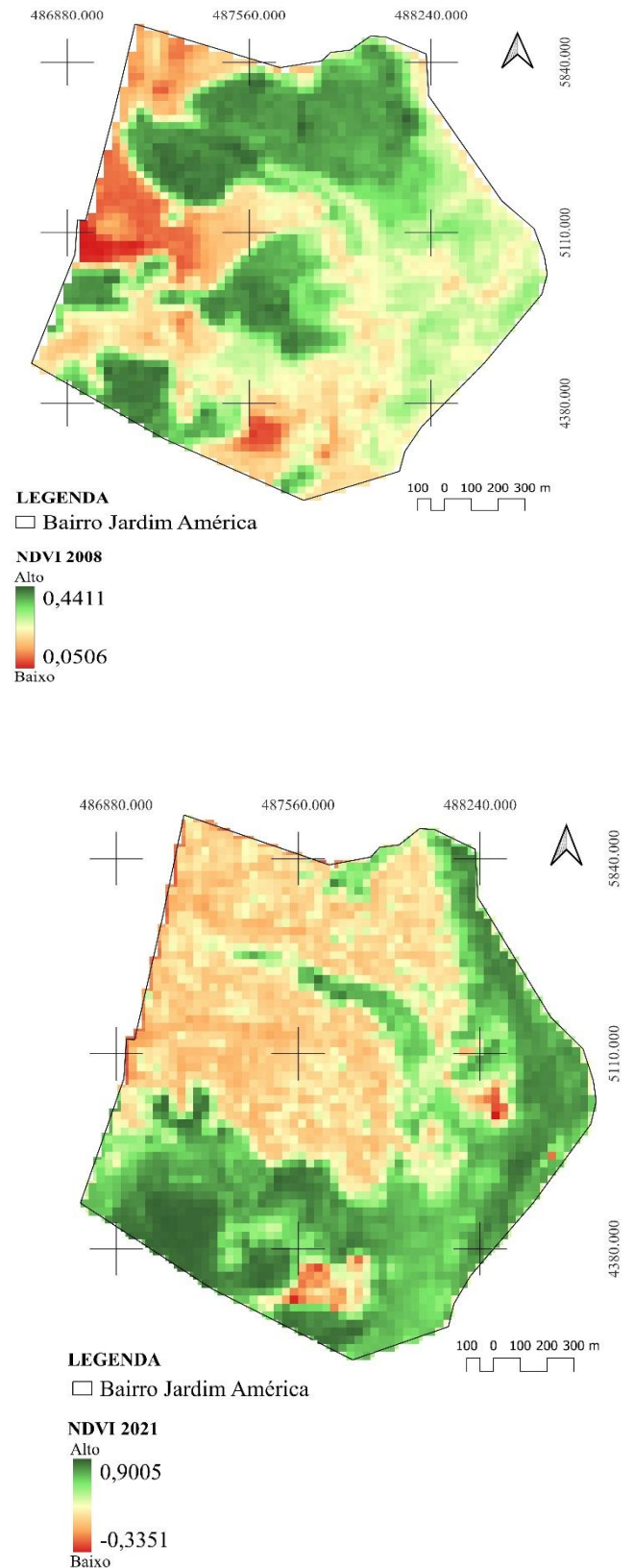
Tabela 3. Variação do tamanho das áreas das classes de uso e cobertura do solo entre 2008 e 2021

CLASSES	Área (ha) 2008	%	Área (ha) 2021	%	Área (ha) DIFERENÇA 2008 - 2021	%
Formação Florestal	20,72	7,95	15,00	5,76	-5,72	-2,19
Formação Savânica	14,65	5,62	1,54	0,59	-13,11	-5,03
Campo Alagado	59,12	22,68	0	0	-59,12	-22,68
Formação Campestre	119,93	46,01	125,94	48,35	6,01	2,31
Área Urbanizada	46,26	17,75	117,99	45,30	71,73	28,52

Tendo em conta os mapas de NDVI e sabendo que valores quanto mais próximos de 1, representam uma maior

densidade de vegetação, foi observado, portanto, a redução da área vegetada em relação aos anos de 2008 e 2021 (Figura 6). O avanço sobre a área vegetada pode estar relacionado à expansão da urbanização, como exemplifica Medeiros, Uliana e Araújo (2010, p. 10)

Figura 6. Mapas de NDVI para os anos 2008 e 2021.



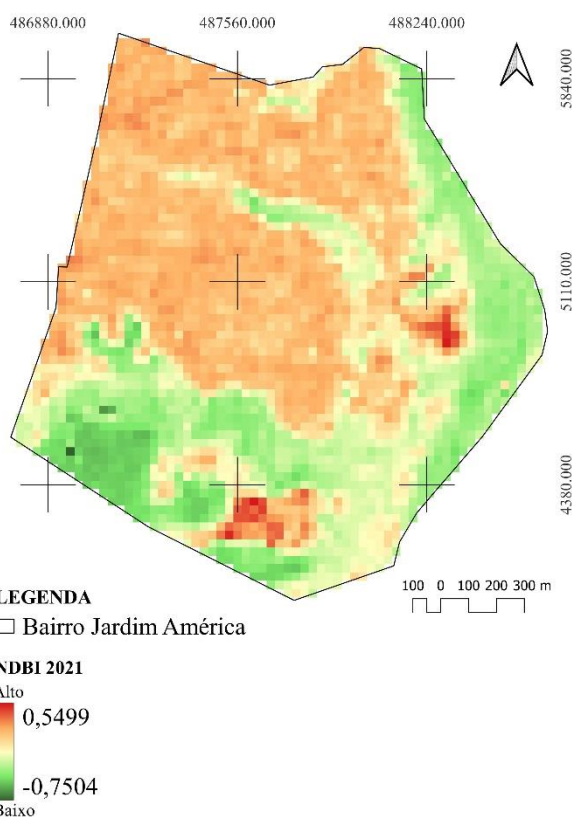
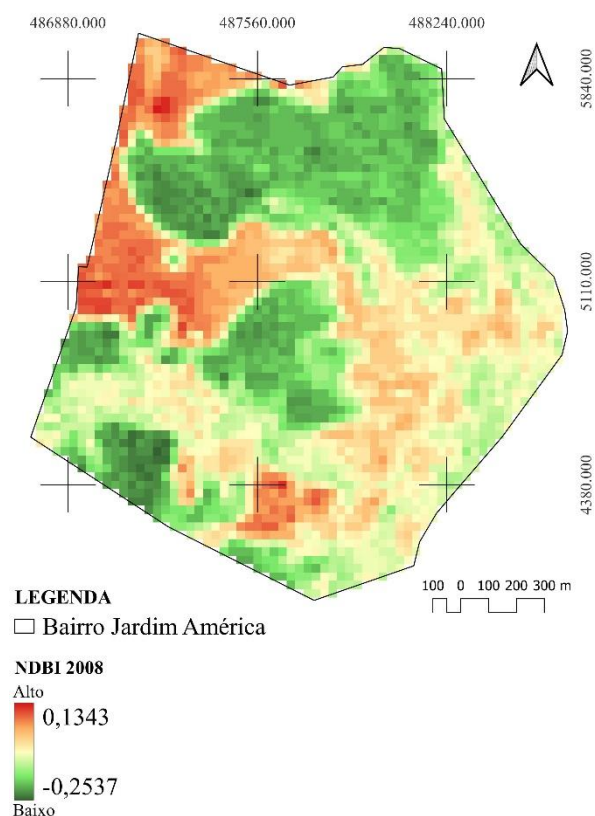
Outros estudos apresentaram esta mesma tendência. De acordo com Andrade et al. (2019), há uma proporção inversa entre o crescimento urbano e a preservação da cobertura vegetal. Para Luz et al. (2019), os mapas de NDVI também se apresentam eficientes no mapeamento da expansão urbana nos anos de estudos. Há um aumento do crescimento urbano no intervalo de tempo considerado, devido a um aumento das áreas vermelhas no mapa.

Souza (2012) mostrou que o índice nos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí, Estado de São Paulo, além de detectar as áreas construídas, classificou também as regiões com solo exposto e vegetação seca como sendo áreas construídas, devido ao fato de que essas duas superfícies apresentam uma resposta espectral semelhante à resposta das áreas construídas nas bandas utilizadas.

Considerando os mapas de NDBI e sabendo que valores quanto mais próximos de 1, representam um maior adensamento de áreas construídas, observou-se um aumento da área construída em relação aos anos de 2000 e 2021 (Figura 7). O avanço sobre a área não construída da região está diretamente relacionado à expansão da urbanização. Souza (2012) também indica as mesmas limitações das respostas espectrais referentes às regiões de solo exposto e vegetação seca, tal qual ocorre com o NDVI.

Souza (2020), de forma semelhante, concluiu que as áreas urbanas foram reconhecidas juntas do solo exposto, porém pode ocorrer uma parcela pequena de solo exposto junto da vegetação rasteira e arbustiva, contudo, com relação a classe massa d'água foi identificado corretamente.

Figura 7. Mapas de NDBI para os anos 2008 e 2021.



Segundo Luz et al. (2019), o NDBI mapeia áreas de solo exposto como se fossem áreas urbanizadas e, portanto, pode acarretar prejuízos quando realizada a análise da expansão urbana das cidades. Para o estudo em questão, a classificação segundo o MapBiomas, a classe área urbanizada no ano de 2008, quando comparada ao mapa de NDVI, que apresentam valores próximos do zero podem indicar solo exposto, assim como, áreas construídas, já que estes valores representam áreas não vegetadas. Quando comparada com o NDBI, essa mesma área apresenta valores próximos de 0,1 significando área pouco construída.

Considerando a classificação segundo o MapBiomas, para o ano de 2008, foram constatadas 46,26 ha de manchas de urbanização, dando um salto para 117,99 ha em 2021. Um acréscimo de 71,73 ha de áreas construídas na região considerada de 261 ha. Para o ano de 2021, é notória a expansão da área urbanizada no bairro.

CONCLUSÃO

Mapas de uso e cobertura do solo, segundo a classificação do MapBiomas, usados como ferramenta auxiliar para avaliação da urbanização, assim como, mapas de transição no período do estudo, se mostraram eficazes para dirimir questionamentos acerca da caracterização das diferentes feições da área de estudo, refinar a interpretação dos índices espectrais gerados e potencializar o seu uso nesse tipo de avaliação.

Após as observações dos mapas dos índices NDVI e NDBI, é necessária cautela para a tomada das conclusões. No

período analisado, os índices NDVI e NDBI foram capazes de evidenciar a expansão urbana. No entanto essa avaliação não é totalmente satisfatória, já que para o NDVI, valores do índice referentes a solo exposto e corpos hídricos podem ser confundidos com áreas construídas e manchas de urbanização. Para o NDBI, os valores do índice referentes a solo exposto podem ser também confundidos com adensamento urbano.

As informações obtidas deste trabalho são importantes para a tomada de decisão do poder público a fim de equacionar problemas de ocupações irregulares dos espaços urbanos, visando a ordenação do território. A enorme pressão que as áreas protegidas da cidade, como as áreas de ressaca, recebem por conta do déficit habitacional não deve ser ignorada, ao custo dessas áreas desaparecerem, nos moldes da ocupação do bairro Jardim América, trazendo danos irreparáveis ou difíceis de reparar ao meio ambiente urbano como: perda de área verde, alterações no microclima e alagamentos.

REFERÊNCIAS

- AMADOR, G. C. C.; AZEVEDO, F. Área de ressaca do Lago do Pacoval na cidade de Macapá: uma proposta de requalificação urbana. Revista Científica Multidisciplinar do Ceap, Macapá, v. 3, n. 2, p. 11-11, 2021.
- ANDRADE et al. Análise temporal de qualidade da cobertura vegetal nos distritos que compreendem a avenida Augusto Montenegro em Belém – PA, através do uso de dados ndvi. In: ANAIS DO XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/analise-temporal-de-qualidade-da-cobertura-vegetal-nos-distritos-que-compreendem-a-avenida-augusto-montenegro-em-belem--?lang=pt-br>> Acesso em: 01 fev. 2023.
- GROSTEIN, M. D. MetrÓpole e expansão urbana: a persistência de processos “insustentáveis”. Perspectiva, São Paulo, v. 15, n. 1, p-13-19, jan /mar, 2001.
- LUZ, L. B.; RODIGHIERI, G.; OLIVEIRA, M. A.; AQUINO, J. N.; MENDES, A. P. S. F.; GAMEIRO, S.; SCHAPARINI, L. P.; RODIGHIERI, M. Utilização do NDVI E NDBI para avaliação da expansão urbana no município do Rio das Ostras-RJ, utilizando a plataforma Google Earth Engine. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIX, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, p. 3493-3495, 2019.
- MAPBIOMAS. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 28 jan. 2023.
- MEDEIROS, J. M. M.; ULIANA, B. B.; ARAÚJO, D. S. Áreas de Preservação Permanente urbanas e parques lineares na Região Norte: conflitos na Lagoa dos Índios, Macapá–Amapá. Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), v. 18, p. 1-19, 2020.
- NERI, S. H. A. A utilização das ferramentas de geoprocessamento para identificação de comunidades expostas a hepatite A nas áreas de ressacas dos municípios de Macapá e Santana/AP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil/Recursos Hídricos) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004.
- OLIVEIRA, I. M.; COSTA, S. M. F. Monitoramento da expansão urbana, utilizando dados de Sensoriamento remoto – estudo de caso. X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, p. 1131-1138, 2001.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with. Third Earth Resources Technology Satellite - 1 Symposium. Volume 1: Technical Presentations Section A, NASA, p. 309-317, Washington, D.C., 1973.
- 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, Jacaré e Arapeí, São Paulo. INPE. São Paulo, 2012.
- SOUZA, J. P. G. Mapeamento do uso e cobertura do solo da ilha de Florianópolis Santa Catarina, gerado a partir da fusão de índices normalizados. Engenharia Ambiental e Sanitária-Pedra Branca, 2020.
- TOSTES, J. A.; DIAS, S. F. As fragilidades urbanas e ambientais de áreas de ressaca na Amazônia. anais de IV Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Porto Alegre: PROP/UFGRG, 2016.
- USGS. Earth explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International journal of remote sensing, v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003.

Submissão: 16/02/2023

Aprovado para publicação: 16/05/2023