

## Extração do verde urbano em Santarém-PA a partir da análise de imagens CBERS-4A

Luisa Akemi B. Kanzato<sup>1</sup>, Bruno Dias dos Santos<sup>2</sup>, Carolina Moutinho Duque de Pinho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS) - Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André - Brasil

<sup>2</sup> School of Earth, Environment & Society, McMaster University, Hamilton - Canadá

luisa.kanzato@aluno.ufabc.edu.br, dossanb@mcmaster.ca,  
carolina.pinho@ufabc.edu.br

**Abstract.** *This study was dedicated to identify urban green areas in Santarém - PA, using remote sensing techniques with CBERS-4A images from the WPM sensor. We conducted image pre-processing, classification by limiarization, extraction and selection of landscape metrics and identification of vegetation clusters through non-supervised classification. Six clusters were obtained for both the multispectral and panchromatic images, with some differences in the identification of urban green distribution patterns, especially in the intra-urban region. The results indicate potential for the application of remote sensing in the identification of urban greenery, especially allied with urban planning.*

**Resumo.** *Este estudo se dedicou a identificar verdes urbanos em Santarém - PA, através de técnicas de sensoriamento remoto com imagens CBERS-4A do sensor WPM. Foram realizadas etapas de pré-processamento das imagens, classificação por limiarização, extração e seleção de métricas de paisagem e identificação de clusters de vegetação por meio de uma classificação não-supervisionada. Foram obtidos seis clusters, tanto para a imagem multiespectral quanto para a pancromática, com algumas diferenças na identificação de padrões de distribuição do verde urbano, especialmente na região intraurbana. Os resultados indicam potencial para aplicação do sensoriamento remoto na identificação de verdes urbanos, sobretudo aliado ao planejamento urbano.*

### 1. Introdução

O Verde Urbano engloba diferentes tipos de vegetação nas cidades que promovem benefícios à população (Ferreira *et al* 2021), como a contenção de erosões e a promoção da agricultura urbana nas áreas de vegetação herbáceas-arbustivas (Calderón-Contreras; Quiroz-Rosas, 2017; Machado *et al* 2019; Marçal *et al.*, 2021), a absorção de carbono e melhoria do clima nas áreas de cobertura arbóreas (Drillet *et al.*, 2020; Willis; Petrokofsky, 2017), e a preservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos em áreas verdes públicas, como parques e praças.

Por conta de todos seus benefícios, identificar e mapear o Verde Urbano é essencial para a gestão e planejamento urbano. Em muitas cidades brasileiras, residir próximo ao Verde Urbano é algo restrito à uma parcela privilegiada da população, sendo o seu mapeamento uma contribuição para que os benefícios que essas áreas apresentam sejam experimentados por toda a população (Adorno, 2021; Ferreira *et al* 2021). Além disso, a extração do Verde Urbano contribui para a identificação de padrões urbanos na

escala do espaço intraurbano – áreas com características semelhantes quanto a determinados aspectos físicos e de forma de ocupação, conforme demonstrado nos trabalhos de Dos Santos et al. (2022, 2023), Feitosa et al. (2021) e São Paulo (2014).

Dado o contexto apresentado, questiona-se: Quais contribuições para a extração do Verde Urbano as imagens WPM oferecem? Quais os padrões de vegetação intrarubana podem ser identificados numa cidade amazônica? Neste projeto de pesquisa, propõe-se um estudo a ser conduzido no município de Santarém – PA para identificar e mapear o Verde Urbano, utilizando imagens do sensor WPM do satélite CBERS-4A e técnicas de limiarização de histograma das imagens. Em seguida, as áreas identificadas como Verde Urbano foram integradas em uma grade celular regular hexagonal. Posteriormente, extraiu-se métricas de paisagem para cada célula. Por fim, padrões de distribuição do verde urbanos foram identificados.

## 2. Metodologia e materiais

A metodologia utilizada na presente pesquisa pode ser resumida em quatro principais etapas: pré-processamento das imagens WPM do CBERS-4A, classificação por limiarização, extração e seleção de métricas de paisagem e identificação de clusters de vegetação por meio de uma classificação não-supervisionada.

Para a pesquisa, foram utilizados os seguintes dados e softwares:

- Cinco imagens fornecidas pelo satélite CBERS-4A, geradas pela Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM): uma pancromática, com 2 metros de resolução espaciais e uma faixa espectral entre 0.45 e 0.90  $\mu\text{m}$ ; e quatro outras com as bandas espectrais azul (0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$ ), verde (0.52 - 0.59  $\mu\text{m}$ ), vermelha (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ ) e infravermelho próximo (0.77 - 0.89  $\mu\text{m}$ ), com resolução espacial de 8 metros. As imagens possuem resolução radiométrica de 10 bits, 92 quilômetros de largura da faixa imageada e período de revisita de 31 dias (INPE, 2019). Foram selecionadas as imagens obtidas em 11 de setembro de 2020.
- QGIS 3.28 para o pré-processamento das imagens de satélite e produção de mapas temáticos.
- TerraView 5.6.4 para o pré-processamento das imagens de satélite e para extração das métricas de paisagem com o plugin GeoDMA 2.0.1.
- Linguagem Python para seleção das métricas de paisagem e classificação não-supervisionada, a partir do algoritmo de agrupamento hierárquico (Murtagh; Contreras, 2012).

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo selecionada se trata do município de Santarém, localizada na região oeste do Pará, na confluência dos rios Tapajós e Amazonas. Pertencente à região da Amazônia Legal, Santarém possui áreas de densa floresta e grande biodiversidade. O município possui uma área territorial de 17.898,389 km<sup>2</sup>, e de acordo com o Censo Demográfico de 2022, possui cerca de 331.927 residentes e uma densidade demográfica de 18,55 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2022).

Para definir o limite da área de estudo, adotou-se a metodologia de delimitação desenvolvida por Gonçalves (2021), que utiliza luzes noturnas para identificação de potenciais áreas ocupadas por assentamentos humanos. A área resultante compreende cerca de 142 km<sup>2</sup>, o que também inclui regiões classificadas como rural.

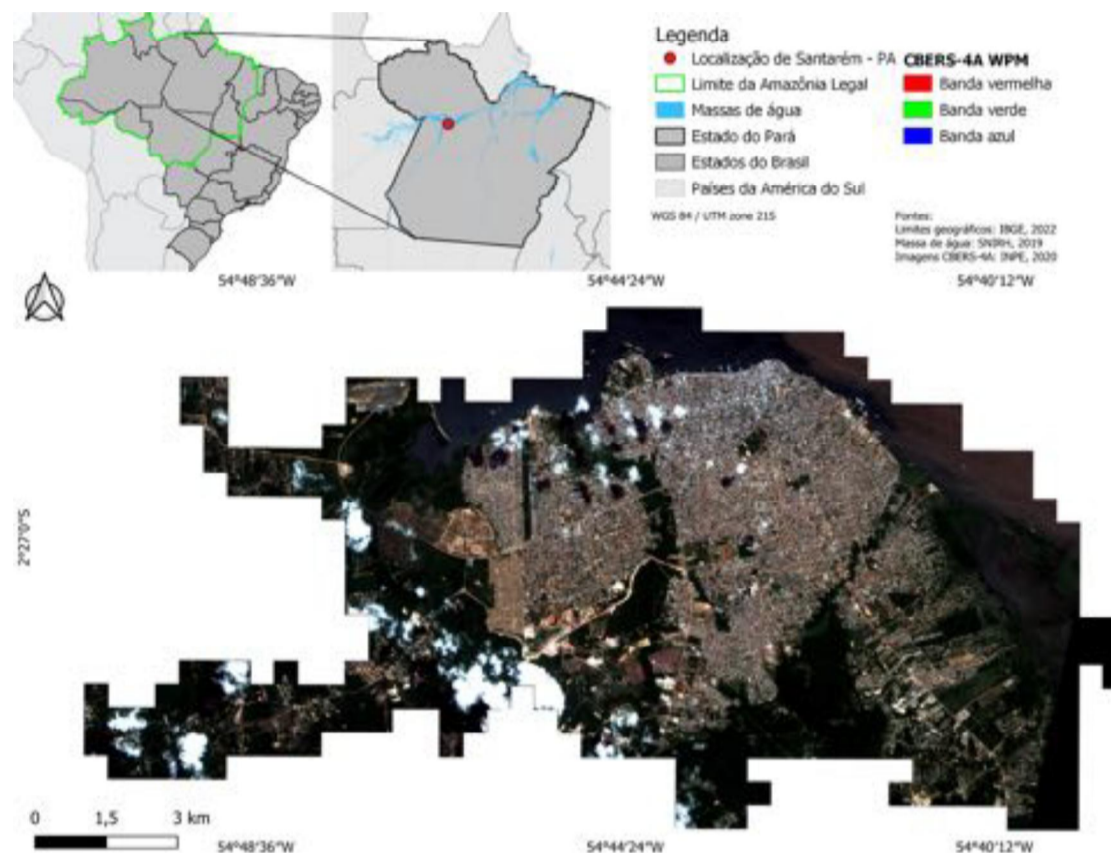


Figura 1. Localização da área de estudo.

## 2.2. Pré-processamento das imagens

Realizou-se um mosaico com as bandas espectrais do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo para formar a imagem multiespectral. Em seguida, é feita uma fusão do tipo PCA da imagem multiespectral com a pancromática, com o parâmetro interpolador bicúbico, a fim de gerar uma imagem sintética multiespectral com a mesma resolução espacial da imagem pancromática.

Com as duas imagens obtidas, é realizada uma álgebra de bandas para calcular o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que auxilia na identificação da presença de vegetação numa determinada área, e consiste na divisão da banda do infravermelho (SWIR) pela banda do vermelho de forma normalizada. Foram realizados dois cálculos de NDVI: o primeiro utilizando a imagem WPM multiespectral (8 m de resolução espacial); e o segundo utilizando a imagem WPM fusionada (2 m de resolução espacial). Finalmente, é aplicado um filtro de dilatação em ambas as camadas de NDVI, com uma janela de tamanho 5, a fim de remover possível ruído sal-e-pimenta.

## 2.2. Classificação por limiarização

A partir das imagens de NDVI com filtro de dilatação, é realizada uma classificação por limiarização. Foram observados três intervalos de valores para as categorias detectadas: “NVEG” (não vegetação), “VEG1” (vegetação do tipo herbácea e arborização viária) e “VEG2” (vegetação arbórea, áreas de florestas). As imagens foram reclassificadas entre as classes de interesse de acordo com a Tabela 1. Em seguida, foi realizada a vetorização

do raster reclassificado, e aplicado um buffer de tamanho zero para a correção de possíveis geometrias inválidas.

Mínimo	Máximo	Valor
-1000	0.49	NVEG
0.5	0.59	VEG1
0.6	0.7	VEG2

**Tabela 1. Parâmetros da classificação por limiarização**

### 2.3. Extração de métricas de paisagem

Buscando identificar possíveis diferenças de padrões de vegetação intraurbana na área de estudo, foi adotado uma grade regular hexagonal com 150 metros de diagonal principal para agregar as informações e calcular as métricas de paisagem. Foram extraídas as métricas de paisagem considerando o vetor das vegetações classificadas como camada de Patches, e a grade celular como a camada vetorial de paisagem (Landscape Vector). Ao todo, são extraídas 25 métricas, entre elas: número de manchas (NP), densidade de manchas (PD), desvio padrão do tamanho da mancha (PSSD) área da classe (CA), índice médio de forma (MSI), entre outras (GeoDMA Features, 2021).

### 2.4. Classificação não-supervisionada

Para a realização da classificação não-supervisionada, foi utilizado o algoritmo de agrupamento hierárquico (hierarchical clustering). Este funciona a partir da criação de um dendrograma, que cria clusters baseado na similaridade das instâncias, e evolui até que todas elas se fundam em um único cluster. Após a análise do dendrograma e dos mapas de clusters plotados, é definido a quantidade de clusters. Para tanto, foi utilizada a biblioteca Scikit-learn em python com parâmetros de *agglomerative clustering*, *ward linkage*, e *Euclidean affinity* (Murtagh; Contreras, 2012).

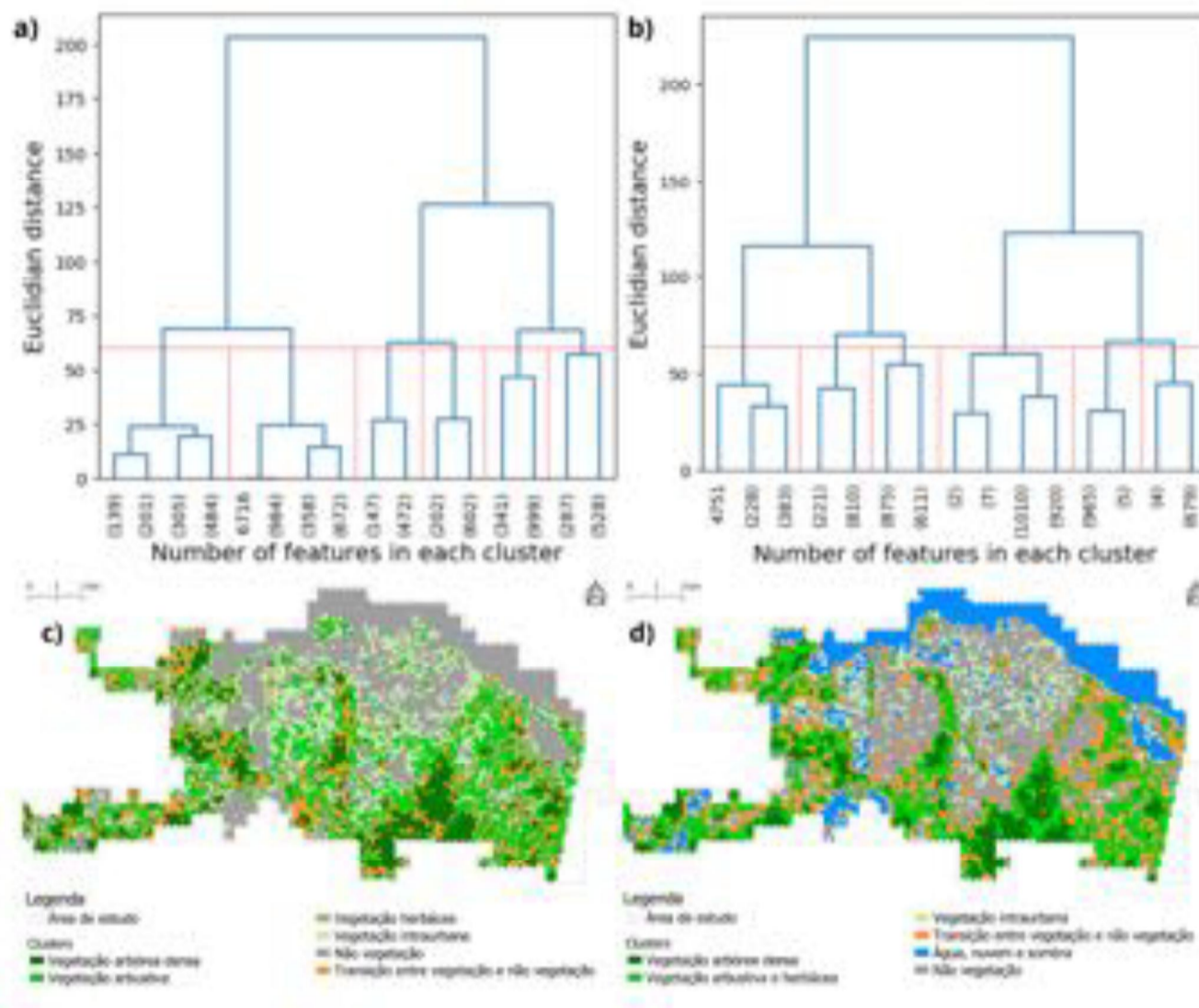
Após a análise dos clusters formados, determinou-se a classificação de cada cluster de acordo com seu padrão espacial e características visuais, comparando com a imagem pancromática fusionada.

## 3. Resultados

A partir da análise dos resultados da classificação não-supervisionada, foram identificados seis clusters tanto para a imagem multiespectral quanto para a imagem pancromática fusionada. Essa determinação foi baseada na redução da distância euclidiana e em observações em cada cluster formado, segundo padrão espacial.

Os clusters identificados na imagem multiespectral foram: vegetação arbórea densa, de caráter florestal, concentradas nas bordas da área de estudo e distante das áreas construídas; vegetação arbustiva, de menor porte e densidade vegetativa, concentrado no entorno da vegetação arbórea densa e em regiões isoladas na área construída; vegetação herbácea, sendo mais rasteira e localizada de forma dispersa na área de estudo; vegetação intraurbana, localizada entre as áreas construídas, e coincidindo com as arborizações viárias e praças; transição entre vegetação e não vegetação; e não vegetação, contemplando as áreas construídas, nuvens e água. Os

clusters identificados na imagem pancromática, por sua vez, diferem-se nas seguintes categorias: a vegetação arbustiva e herbácea foram unidas em um mesmo clusters; e foi possível diferenciar as áreas de água, nuvem e sombra da área construída.



**Figura 2. Dendrogramas e mapas de clusters: (a) dendrograma da imagem multiespectral; (b) dendrograma da imagem pancromática; (c) mapa com os clusters classificados na imagem multiespectral; (d) mapa com os clusters classificados na imagem pancromática. As caixas vermelhas sinalizam os clusters obtidos em cada classificação não supervisionada.**

Em ambas as imagens é possível identificar a existência de uma densa vegetação arbórea nas periferias da área de estudo, em especial ao sul e à oeste; e de vegetação herbácea no entorno da vegetação arbórea, e de forma mais fragmentada entre a região de não-vegetação. Sobre a vegetação intraurbana, as imagens possuem classificações mais diferentes, em que a multiespectral identifica mais locais de vegetação, enquanto que a pancromática fusionada identifica menos (ou seja, mais áreas de não-vegetação). Por fim, esta última também foi capaz de identificar as áreas de água, nuvem e sombra, mas não diferenciou vegetação herbácea da arbustiva.

#### 4. Conclusão

Esta pesquisa apresenta uma forma de identificação de verdes urbanos em Santarém - PA a partir da análise de imagens CBERS-4A. Com as imagens de satélite, foi possível identificar diferentes tipos de vegetação e seus padrões de distribuição na área de estudo. Ainda, as classificações identificadas com a imagem multiespectral e pancromática

fusionada revelaram significativas diferenças, em especial na área intraurbana. As análises quantitativas e da qualidade dos resultados deverão ser desenvolvidas futuramente, mas é possível observar que o uso de técnicas de sensoriamento remoto para o fim proposto demonstra grande potencial, principalmente aliado ao planejamento urbano.

## 5. Reconhecimentos

Essa pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - PIBIC), número da concessão 122461/2022-3.

## 6. Referências

- Adorno, B. Da Identificação Remota À Análise Da Equidade Espacial Do Verde Urbano. Dissertação —São José dos Campos: INPE, 2021.
- Calderón-Contreras, R.; Quiroz-Rosas, L. E. Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. *Ecosystem services*, v. 23, p. 127–137, 2017.
- Dos Santos, B. D. et al. O Estado Da Arte Da Utilização De Sensoriamento Remoto Na Identificação De Assentamentos Precários No Brasil. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2022.
- Dos Santos, B.D.; de Pinho, C.M.D.; Páez, A.; Amaral, S. Identifying Urban and Socio-Environmental Patterns of Brazilian Amazonian Cities by Remote Sensing and Machine Learning. *Remote Sens.* 2023, 15, 3102. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs15123102>
- Drillet, Z. et al. Urban vegetation types are not perceived equally in providing ecosystem services and disservices. *Sustainability*, v. 12, n. 5, p. 2076, 2020.
- Feitosa, F. da F. et al. IMMerSe: An integrated methodology for mapping and classifying precarious settlements. *Applied geography*, v. 133, p. 102494, 2021.
- Ferreira, M. L.; Zabotto, A. R.; Periotto, F. Verde urbano. 1. ed. Engenheiro Coelho: Unaspress, 2021. v. 1
- GeoDMA Features. Wiki DPI INPE, 2021. Disponível em: [http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=geodma\\_2:feature](http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=geodma_2:feature). Acesso em: 10 de setembro de 2023.
- Gonçalves, G. C. Contribuição de métricas de textura em classificação pixel-a-pixel para identificar áreas construídas de cidades amazônicas. 2021. 127 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2021.
- INPE, “Câmeras Imageadoras CBERS-4A,” INPE, 06 de dezembro de 2019. <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php> (acesso em 10 de setembro de 2022).
- IBGE, Cidades e Estados. Available online: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/santarem.html> (acesso em 10 de setembro de 2022)
- Murtagh, F.; Contreras, P. Algorithms for Hierarchical Clustering: An Overview. *Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov.* 2012, 2, 86–97.
- São Paulo. Unidades Homogêneas De Uso E Ocupação Do Solo Urbano (Uhct) Do Estado De São Paulo. São Paulo: [s.n.].