

# ANÁLISE TEMPORAL DE SUPERFÍCIES IMPERMEÁVEIS EM ÁREA URBANA ATRAVÉS DO ÍNDICE BUILT-UP (BU)

Patrícia Soares Rezende, Roberto Rosa

Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU), CEP 38400-902 – Uberlândia (MG), Brasil.  
ps.rezende@hotmail.com; rrosa.geo@gmail.com

## ABSTRACT

The urbanization of cities is indicative of impermeable surfaces, and the increase of these unplanned areas brings numerous problems to urban areas, such as reduction of thermal comfort and reduction of rainwater infiltration. Geotechnologies are valuable tools for analysis and monitoring of impermeable surfaces. The objective of this work was to use radiometric indices NDVI, NDBI, BU to verify changes in impermeable surfaces in the city of Governador Valadares, State of Minas Gerais (MG), between 1985 and 2018. After validation, the indexes presented significant results. The area studied showed a 20% increase in impermeable surfaces in the 33 year period, considering the limit of the urban perimeter of the 2010 Census.

**Keywords** — *Geotechnologies, NDVI, NDBI, urban evolution.*

## 1. INTRODUÇÃO

Percebe-se ao longo dos anos o aumento das superfícies impermeáveis nas áreas urbanas, principalmente nas margens dos cursos d'água. Diante disso, quantificar as superfícies impermeáveis contribui para que os gestores consigam planejar o crescimento urbano, tendo em vista que a impermeabilidade favorece o escoamento superficial e a diminuição do conforto térmico.

Algumas cidades têm registrado maior frequência de desastres relacionados a inundação, como é o caso de Governador Valadares, em Minas Gerais. O aumento da impermeabilidade pode contribuir significativamente para potencializar a ocorrência desse tipo de desastre, pois a água da chuva não tem condições de se infiltrar no solo, escoando diretamente para o curso d'água, o que aumenta o pico da vazão. Diante disso, ao utilizar técnicas de sensoriamento remoto, é possível identificar e quantificar ao longo dos anos as superfícies impermeáveis nas áreas urbanas.

O objetivo deste trabalho é analisar as alterações das superfícies impermeáveis na cidade de Governador Valadares (MG) entre os anos 1985 e 2018, por meio de índices radiométricos de Sensoriamento Remoto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo (Figura 1) se localiza às margens do Rio Doce, na mesorregião do Vale do Rio Doce, no território de Minas Gerais.

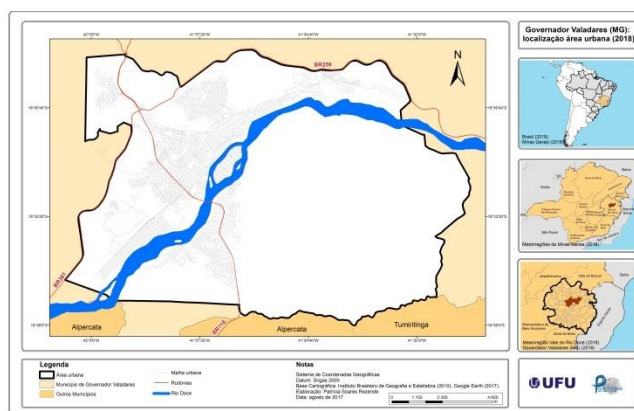


Figura 1. Localização da área de estudo: perímetro urbano de Governador Valadares, 2018.

De acordo com a estimativa populacional realizada em julho de 2018 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Governador Valadares apresentou uma população de 278.685 habitantes [1].

### 2.2. Procedimentos operacionais

Para este estudo foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5 de 1º de maio de 1985 e do Landsat 8 de 12 de maio de 2018, disponibilizadas gratuitamente no site do Earth Explorer, com resolução espacial de 30 metros [2]. A imagem do Landsat 8 foi reprojetada para o hemisfério Sul, atribuindo como sistema de referencial geodésico o SIRS2000-Fuso 24S.

Antes dos cálculos radiométricos, fez-se a correção atmosférica das imagens a fim de reparar os efeitos do espalhamento atmosférico, que acabam diminuindo o contraste dos alvos e, com isso, dificultando a distinção das informações.

A correção atmosférica foi realizada pelo método DOS, proposto por Chavez, disponível no Semi-Automatic

Classification Plugin (SCP), desenvolvido por Congedo [3,4]. Para utilizar o plugin SCP é necessário instalá-lo como complemento no software Qgis [5].

Com as imagens processadas, calculou-se o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI, elaborado por Rouse et al. em 1974 e apresentado por Jensen) a partir da equação 1, cujo resultado varia de -1 a 1 [6]:

$$NDVI = \frac{(P_{nir} - P_{red})}{(P_{nir} + P_{red})}$$

onde: P<sub>nir</sub> corresponde à banda do infravermelho próximo e o P<sub>red</sub>, à banda do vermelho [6].

Posteriormente calculou-se o Índice de Diferença Normalizada para Áreas Construídas (NDBI, sigla do inglês *Normalized Density Building Index*), desenvolvido por Zha et al. e apresentado por Jensen, aplicado por Sakuno et al., Moreira e Amorim, Costa et al. [6-10].

De acordo com os autores citados, esse índice permite diferenciar áreas construídas de áreas não construídas, com -1 representando as não construídas e 1, as construídas. Esse índice foi aplicado com base na equação 2 [6-10]:

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)}$$

onde: SWIR corresponde à banda do infravermelho médio e o NIR, à banda do infravermelho próximo.

Com base nos resultados do NDVI e NDBI, calculou-se o Built-up (BU), desenvolvido por Zha et al. e apresentado por Sakuno et al. Segundo os autores, esse índice objetiva refinar o resultado do índice NDBI e permite gerar um raster nítido com diferenciação de superfícies permeáveis e impermeáveis. Esse índice foi aplicado conforme equação 3 [6,8]:

$$BU = NDBI^2 - NDVI^2$$

Com intuito de verificar as alterações ocorridas de 1985 a 2018, adaptou-se a ideia proposta de Costa et al., Tavares et al., Leite et al. e Silva et al. A subtração do resultado do BU, foi calculada, conforme equação 4 [11-14].

$$SUBTRAÇÃO = BU_{2018} - BU_{1985}$$

O resultado é expresso em valores positivos e negativos, conforme os autores citados [11-14].

Por fim, para obter o percentual de crescimento no período de 33 anos, fez-se a classificação supervisionada (Figura 2) utilizando quatro classes, através do classificador Gaussian Mixture Model, do plugin Dzetsaka disponível no software Qgis [5].

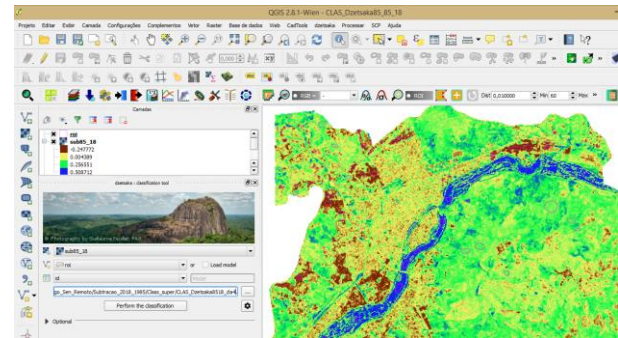


Figura 2. Classificação supervisionada do resultado da subtração, pelo plugin Dzetsaka

Fonte: Qgis (2018).

Ainda nessa etapa, converteu-se o resultado da classificação supervisionada em formato raster para o vetorial; com base no resultado, calculou-se o percentual de crescimento. Por fim, exportou-se a camada vetorial para o Google Earth para validação do resultado com uma imagem de alta resolução do ano de 2018 (Figura 3).



Figura 3. Sobreposição do resultado da classificação supervisionada no Google Earth.

Fonte: Google Earth (2018).

Verifica-se a validade do resultado da subtração entre o BU de 2018 e 1985, pois os polígonos em vermelho (Figura 3) indicam áreas que existem em 2018, mas que não existiam em 1985. No próximo item são analisados os resultados dos três índices.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia apresentada no item anterior permitiu obter o resultado de NDVI, NDBI e BU.

Os índices aqui trabalhados têm algumas limitações, por isso, foram feitos vários testes para escolha do mês que apresentasse um resultado mais adequado. Constatou-se que o NDBI e o BU tiveram melhores resultados com imagens de maio, o que pode estar relacionado à presença de cobertura vegetal sadia, facilitando a distinção entre os alvos.

O resultado referente ao NDVI (Figura 4), com valores variando de -0,356 a 0,764 para o ano de 1985, e entre -0,573 e 0,852 em 2018, é representado na escala de cores pelo vermelho para indicar áreas identificadas como água; a tonalidade amarela representa ausência de cobertura vegetal, com destaque para áreas urbanizadas, e o verde indica presença de cobertura vegetal.



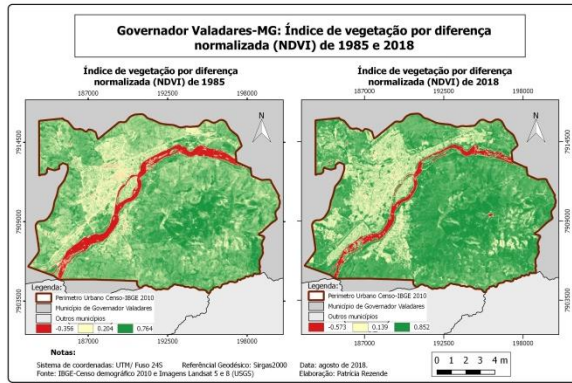


Figura 4. Resultado do NDVI de 1985 e 2018.

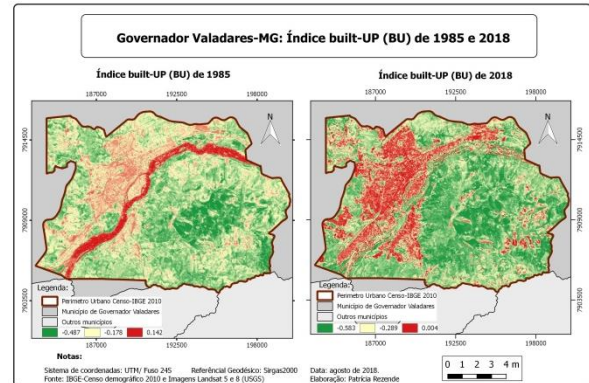


Figura 6. Resultado do BU de 1985 e 2018.

Verifica-se aumento considerável do perímetro urbano e melhora no vigor da cobertura vegetal em 2018.

Em relação ao NDBI (Figura 5), o ano de 1985 apresentou valores de -0,511 a 0,159, enquanto 2018 revelou o intervalo de -0,424 a 0,174. A tonalidade vermelha (Figura 5) se refere às superfícies impermeáveis, com destaque para áreas urbanas; os tons entre amarelo e verde indicam áreas permeáveis.

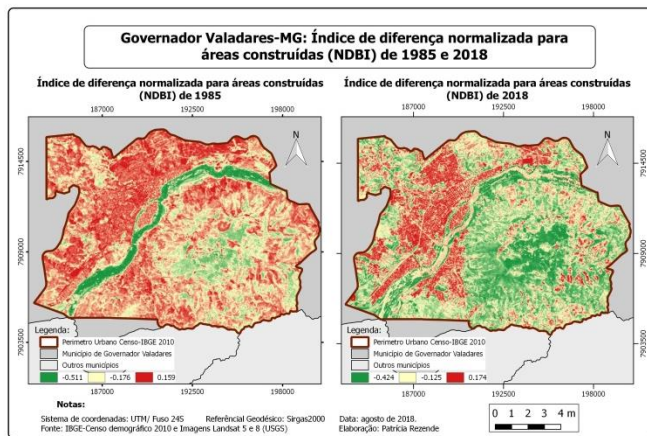


Figura 5. Resultado do NDBI de 1985 e 2018.

No NDBI de 2018 identifica-se maior distinção entre as classes, fato que pode estar relacionado às condições de umidade do solo e à qualidade radiométrica das imagens.

No intuito de refinar esse resultado do NDBI, melhorando a diferenciação entre superfícies impermeáveis e permeáveis, recorre-se ao BU (Figura 6). O BU de 1985 apresenta um intervalo de -0,487 a 0,142, e o de 2018, um intervalo de -0,583 a 0,004.

Os valores negativos, representados por tons amarelos e verdes, correspondem às superfícies permeáveis. Já os valores positivos, com tonalidade vermelha, dizem respeito às superfícies impermeáveis, com destaque para a área urbana.

Ressalta-se que o Rio Doce no BU de 2018 apresentou uma resposta espectral relacionada à classe de superfícies permeáveis, o que pode estar ligado à presença de algo em suspensão na água. No entanto, essa resposta espectral necessita de mais estudos para detalhamento de sua causa.

Por fim, no intuito de verificar as modificações ocorridas nos 33 anos analisados, fez-se a subtração entre os índices BU (Figura 7).

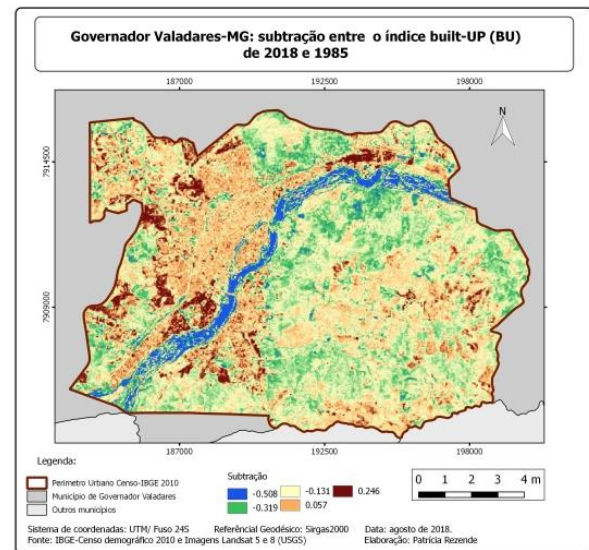


Figura 7. Resultado da subtração entre o BU de 2018 e 1985.

A subtração entre o BU de 2018 e o de 1985 resulta um intervalo de -0,508 a 0,246, em que o maior valor positivo se refere ao acréscimo de superfícies impermeáveis até o ano de 2018. Os valores positivos menores são superfícies que não sofreram alterações. Já o maior valor negativo corresponde às áreas com melhor vigor vegetativo, ao passo que o menor valor negativo indica presença de água.

Constatou-se que em 33 anos a cidade de Governador Valadares teve acréscimo de 20% de superfícies impermeáveis, e esse aumento foi constatado até mesmo nas margens do Rio Doce, o que potencializa a ocorrência de desastres como inundação.

## 5. CONCLUSÕES

O resultado obtido no NDBI confirma a importância de utilizar o índice BU para refinar a informação, pois os resultados são mais precisos ao distinguir superfícies permeáveis de impermeáveis.

Conclui-se que a metodologia aplicada neste estudo foi eficaz para identificar superfícies impermeáveis, assim como é válida para definir a mancha urbana. Demonstra-se, portanto, a importância das geotecnologias e dos índices radiométricos para o monitoramento e o planejamento das cidades.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Código de Financiamento 001.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, “Estimativas de população residente no Brasil e unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2018”, Brasília, IBGE, 2018.
- [2] Earth Explorer, “Landsat 5 e 8”, 15 ago 2018. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 5 ago. 2018.
- [3] Chavez, P.S., “Image-Based Atmospheric Corrections: revisited and improved”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 62, n. 9, pp. 1025-1036, 1996.
- [4] Congedo, L., “Semi-Automatic Classification Plugin Documentation Versão 5.1.0.1”, 2016.
- [5] Qgis. Página para download. Disponível em <<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>> Acesso em 18 ago. 2018.

[6] 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, pp. 583-594, 2003.

[7] Jensen, J.R., “Sensoriamento Remoto: uma perspectiva em recursos terrestre”. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

[8] Sakuno, N.; et al., “Mapeamento de superfícies impermeáveis em áreas urbanas utilizando imagens índices geradas pelo Sistema Landsat-5 Thematic Mapper”, *Revista do Departamento de Geografia*, v. esp., n. 17, pp. 190-198, 2017.

[9] Moreira, J.L.; Amorim, M.C.C.T., “O clima urbano de Penápolis, São Paulo, através da temperatura da superfície e de índices radiométricos”. *Geosaberes*, v. 6, n. 3, pp. 190-202, 2015.

[10] Costa, E.C.P.; Seabra, V.S.; Cardão, R., “Análise da eficiência dos índices Built-up e NDBI para classificação de áreas urbanas em imagens Landsat 8 OLI”. *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, 2017. São José dos Campos: Inpe, 2017. pp. 6632-6639.

[11] Costa, Marcos Fávero et al., “Utilização de subtração de imagem e NDVI na avaliação da cobertura vegetal na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, ES”. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba, 2011. São José dos Campos: Inpe, 2011. pp. 1918-1925.

[12] Tavares, T.R. et al., “Observação do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) de diferentes tipos de vegetação nativa no período de estiagem de 2011 e 2014, em Piracicaba-SP”. *Hipótese*, v. 1, n. 2, pp. 77-91, 2015.

[13] Leite, A.P.; Santos, G.R.; Santos, J.É.O., “Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8”. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 6, n. 4, pp. 606-623, 11 out. 2017.

[14] Silva, K.R. et al., “Subtração de imagens para detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Alegre – Alegre/ES”. *Anais do II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul*, Taubaté: Ipabhi, 2009, v. 1, p. 49-56.

[15] Google Earth. Página para download. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>> Acesso em 18 ago. 2018.