

Análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Guarulhos, São Paulo, por meio de sensoriamento remoto

Spatial and temporal analysis of vegetation cover in the municipality of Guarulhos, São Paulo, Brazil, by remote sensing

Análisis espacial y temporal de la cobertura em el município de Guarulhos, São Paulo, Brasil, mediante teledetección

Gabriel Sousa de Freitas

<https://orcid.org/0000-0002-7221-7351>

gsousadefreitas@gmail.com

Universidade Guarulhos, UNG, Guarulhos, SP, Brasil

Antonio Conceição Paranhos Filho

<https://orcid.org/0000-0002-9838-5337>

antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Campo Grande, MS, Brasil

Fabricio Bau Dalmas

<https://orcid.org/0000-0001-7547-6642>

fbdalmas@gmail.com

Universidade Guarulhos, UNG, Guarulhos, SP, Brasil

Resumo: Avaliar a cobertura vegetal de um município é fundamental para o monitoramento e controle do uso e ocupação do solo. Diante disso o estudo objetiva avaliar a evolução das áreas com cobertura vegetal do município de Guarulhos entre os anos de 1986 e 2022, usando imagens Landsat-8 e Landsat-5 adquiridas nos anos de 1986, 1991, 2013 e 2022. Como metodologia, foi aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NVDI) para o cálculo da vegetação. Conclui-se que o município de Guarulhos vem apresentando uma redução na sua área de cobertura vegetal, principalmente por conta da ocupação irregular relacionada à construção do Rodoanel Trecho Norte, justamente as áreas com maiores concentrações de vegetação do município.

Palavras-chave: cobertura vegetal, NDVI, monitoramento, Rodoanel, Guarulhos.

Abstract: Assessing the vegetation cover of a municipality is essential for monitoring and controlling land use and occupation. Therefore, the study aims to evaluate the evolution of areas with vegetation cover in the municipality of Guarulhos between the years 1986 and 2022, using Landsat-8 and Landsat-5 images acquired in the years 1986, 1991, 2013 and 2022. As a methodology the Normalized Difference Vegetation Index (NVDI) was applied to calculate vegetation. It is concluded that the municipality of Guarulhos has been showing a reduction in its area of vegetation cover, mainly due

to irregular occupation related to the construction of the Rodoanel Trecho Norte, precisely the areas with the highest concentrations of vegetation in the municipality.

Keywords: vegetation cover, NDVI, monitoring, Rodoanel, Guarulhos.

Resumen: La evaluación de la cobertura vegetal de un municipio es fundamental para el seguimiento y control del uso y ocupación del suelo. Por lo tanto, el estudio tiene como objetivo evaluar la evolución de las áreas con cobertura vegetal en el municipio de Guarulhos entre los años 1986 y 2022, utilizando imágenes Landsat-8 y Landsat-5 adquiridas en los años 1986, 1991, 2013 y 2022. Como metodología, se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para calcular la vegetación. Se concluye que el municipio de Guarulhos viene mostrando una reducción en su área de cobertura vegetal, debido principalmente a la ocupación irregular relacionada con la construcción del Rodoanel Trecho Norte, precisamente las áreas con mayores concentraciones de vegetación en el municipio.

Palabras clave: cobertura vegetal, NDVI, monitoreo, Rodoanel, Guarulhos.

INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica compõe cerca de 13% do território brasileiro especialmente ao longo da costa e abriga mais de 50% da população brasileira. Com apenas 27% de sua cobertura florestal primária ainda preservada, tornou-se o bioma mais ameaçado do Brasil (IBGE, 2022a). O município de Guarulhos está inserindo dentro da Mata Atlântica e sua ocupação desordenada é um fator decisivo na fragmentação da cobertura florestal da cidade (Duarte & Azevedo, 2018).

Guarulhos, município da região metropolitana de São Paulo, limítrofe com a capital paulista, apresenta uma concentração populacional que traz desafios significativos (Moreno, 2016). A tendência de aumento da saturação urbana nas regiões metropolitanas, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), vem contribuindo para a supressão da vegetação nativa, degradação do solo e redução dos recursos hídricos. Kudo, Pereira e Silva (2016) afirmam que a cobertura vegetal é o elemento mais vulnerável da paisagem urbana, ainda que seja sinônimo de qualidade de vida, e a degradação dos recursos naturais e as mudanças climáticas nos ambientes urbanos têm impactos ambientais significativos que refletem na qualidade de vida da população.

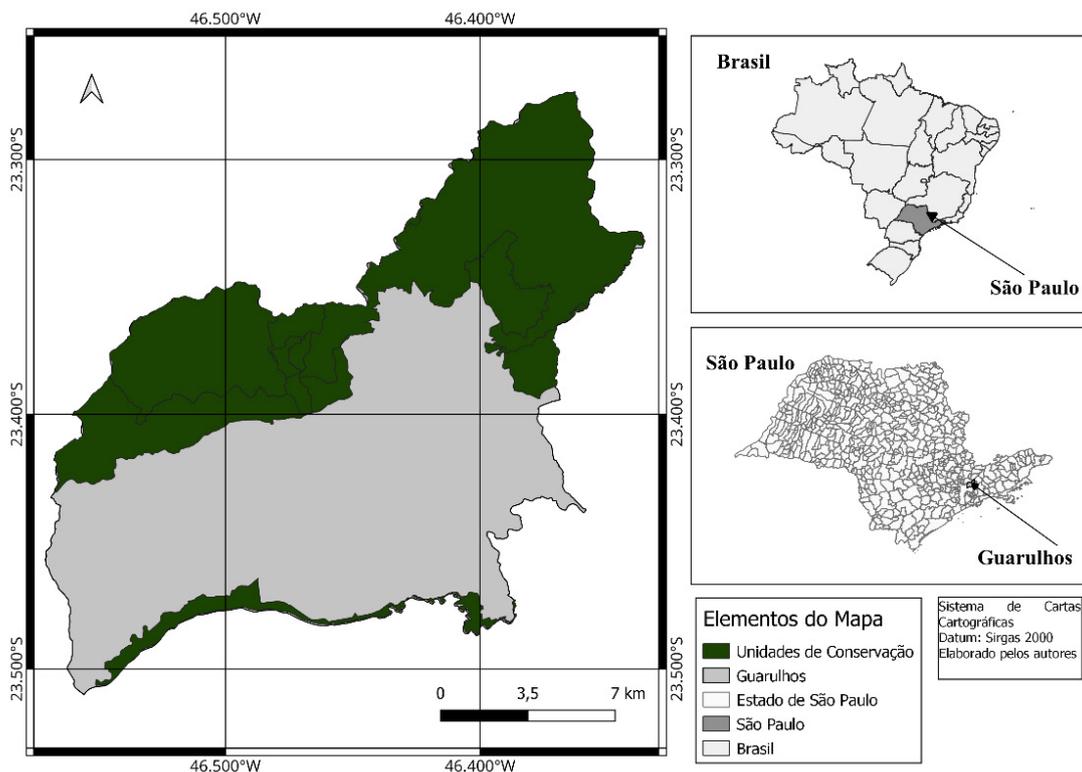
Nesse sentido, diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura para explorar as propriedades espectrais da vegetação, principalmente nas faixas espectrais do visível e do infravermelho próximo (Damasceno, Pereira & Schuler, 2020). A aplicação do índice de vegetação é uma ferramenta importante para compreender e investigar a cobertura vegetal ao investigar a paisagem de um determinado espaço (Bandeira & Da Cruz, 2021). Entre as técnicas de tratamento e processamento de imagens digitais que permitem a exploração de dados de sensores remotos está o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que permite identificar a presença de vegetação e descrever sua distribuição espacial e sua evolução ao longo do tempo (Lobato et al., 2011). A ferramenta NDVI contribui para o diagnóstico ambiental temporal e espacial de uma região levantando a sua cobertura vegetal (Alves et al., 2020).

O município de Guarulhos ainda apresenta áreas remanescentes da Mata Atlântica (Santos et al., 2016) e do Cerrado (Oliveira et al., 2020) que devem ser monitoradas a fim de preservação. Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo avaliar se houve mudanças na cobertura vegetal do município de Guarulhos, entre 1986 e 2022.

METODOLOGIA

O município de Guarulhos está localizado na região metropolitana do estado de São Paulo (Fig. 1). Atualmente o município é o segundo maior do estado e o 13º do país em relação ao número de habitantes e com uma densidade demográfica de 4.053,57 hab/km². A sua população estimada é de 1.291.771 habitantes e um território de 318,675 km² (Guarulhos, 2021; IBGE, 2022b). Guarulhos desempenha um papel estratégico ao apresentar nove unidades de conservação da natureza, que são espaços territoriais especialmente protegidos, equivalentes a 42,4% do território do município, localizados principalmente em sua zona norte (Fonseca, Andrade & Oliveira, 2014).

Figura 1: localização de Guarulhos e suas Unidades de Conservação.



No Quadro 1 e possível verificar que o município de Guarulhos possui uma unidade de conservação no âmbito federal; quatro unidades no âmbito estadual; e outras quatro no âmbito municipal. A unidade mais antiga é do ano de 1968 e as mais recentes são do ano de 2010

Quadro 1- Características das Unidades de Conservação do Município de Guarulhos

Unidades de Conservação	Ano de Criação	Esferas
Área de Proteção Ambiental Bacia do Paraíba do Sul	1982	Federal
Parque Estadual da Cantareira	1968	Estadual
Parque Estadual de Itaberaba	2010	Estadual
Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê	1987	Estadual
Floresta Estadual de Guarulhos	2010	Estadual
Reserva Biológica Burle Marx	1990	Municipal
Parque Natural Municipal da Candinha	2008	Municipal
Estação Ecológica do Tanque Grande	2010	Municipal
Área de Proteção Ambiental Cabuçu Tanque Grande	2010	Municipal

As imagens utilizadas foram obtidos por meio do USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos) do Sensor TM- *Thematic Mapper* (acoplados no satélite Landsat 5) e o sensor OLI - *Operational Land Imager* (acoplados no Landsat 8). As imagens obtidas pelo Sensor TM são datadas em 19 de junho de 1986 (USGS, 1986) e 01 de junho de 1991 (USGS, 1991), já as imagens do sensor OLI são datadas em 01 de setembro de 2013 (USGS, 2013) e 21 de janeiro de 2022 (USGS, 2022). Foram utilizados também os vetores para delimitar o município de Guarulhos obtidos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística nas suas representações cartográficas do território brasileiro (IBGE, 2021) e para as unidades de conservação foram utilizados os vetores da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) em catálogo de metadados (ANA, 2019).

As imagens foram obtidas por meio da cena 219/076, e foram processadas para a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e considerou-se as bandas espectrais 3 (vermelho) e 4 (infravermelho) para o Sensor TM e as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho) para o Sensor OLI. O cálculo do NDVI utilizou a equação descrita por Rouse et al. (1973):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR = reflectância da banda de infravermelho;

RED = reflectância da banda do vermelho;

Após o cálculo de NDVI para cada imagem gerada utilizou-se os valores encontrados para calcular a área sem vegetação e com vegetação.

RESULTADOS

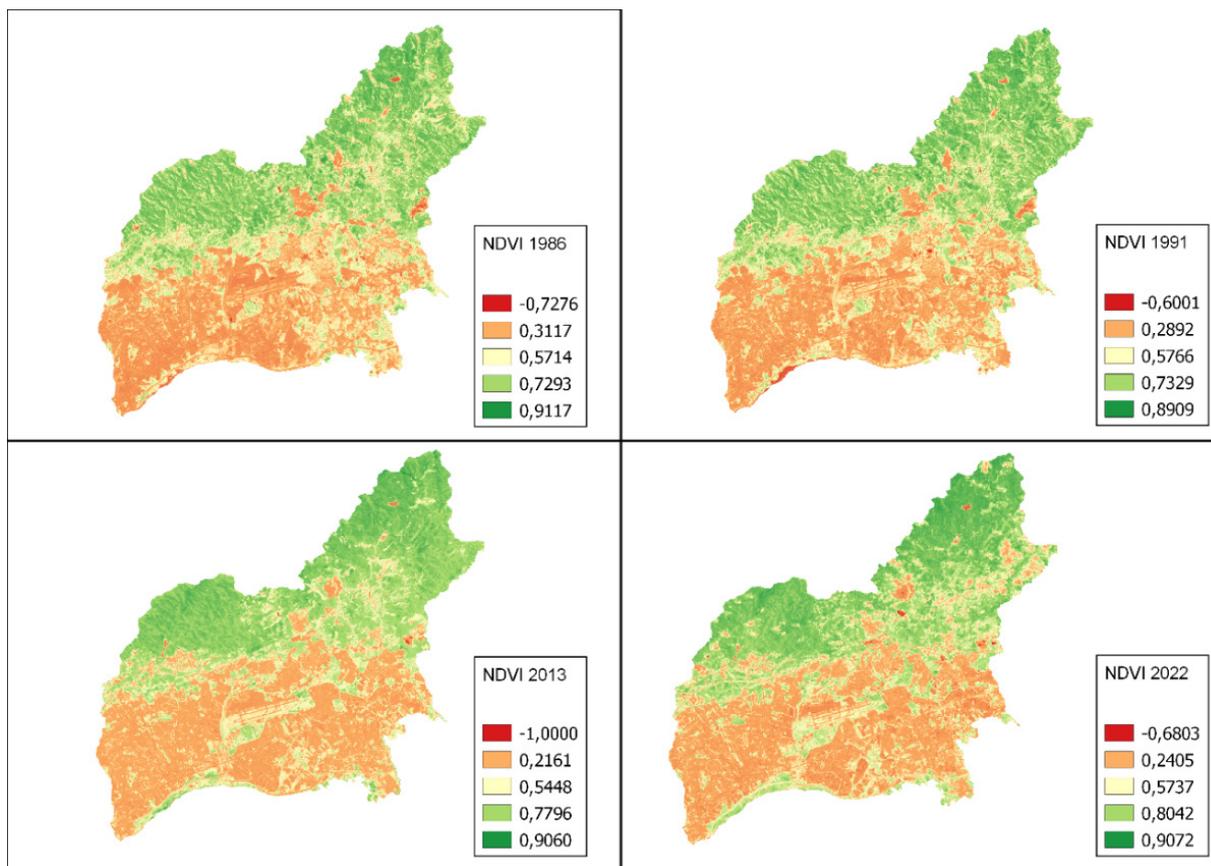
Por meio da Tabela 1, pode-se observar que o maior valor mínimo encontrado para o NDVI foi no ano de 2013, correspondendo a -1. O maior valor máximo encontrado foi para o ano de 1986, de 0,9177. Os valores positivos do NDVI indicam a presença de vegetação

e estão representados na Figura 2 na cor verde, enquanto os valores negativos indicam a ausência de vegetação ou presença de água e estão representados na cor vermelha.

Tabela 1: valores mínimos e máximos de NDVI do município de Guarulhos.

Ano	Mínimo	Máximo
1986	-0,7276	0,9117
1991	-0,6001	0,89
2013	-1	0,906
2022	-0,6803	0,9072

Figura 2: distribuições da cobertura vegetal no município de Guarulhos conforme NDVI



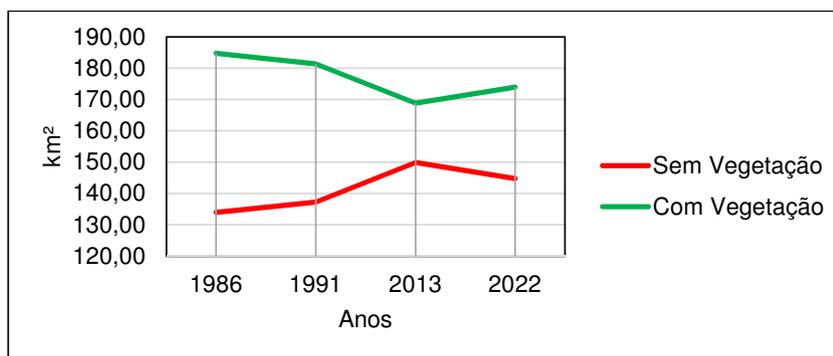
A análise espacial do NDVI traz claramente mudanças na cobertura vegetal, mostrando os padrões do uso do solo entre 1986 e 2022. A paisagem desenvolveu-se gradativamente, principalmente na expansão urbana na região norte do município, devido à ocupação irregular, por consequência causando a perda de vegetação local, o suporte para a ocupação da Mata Atlântica.

Com relação à evolução da cobertura vegetal do município de Guarulhos, houve um aumento de 8,88% da área sem vegetação, de 133,92 km² para 144,73 km², com diminuição da cobertura de 184,75 para 173,94 km² (Fig. 3).

As imagens geradas apontaram que as áreas com maior concentração de vegetação estão localizadas na região norte do município de Guarulhos, mas na extremidade da região sul houve uma pequena recuperação de área verde a partir de 2013. A área recuperada em questão fica localizada na Área de Proteção Ambiental Várzea do Tietê e demonstra a importância das unidades de conservação existentes.

A área com vegetação entre os anos de 1986 e 2013 apresenta uma queda nos seus valores, mas aumento no ano de 2022 se comparado ao ano de 2013. Nota-se que existe uma tendência de melhoria nos valores a partir do ano de 2013, porém os resultados ainda não alcançam o patamar do primeiro ano de análise. Tal melhora pode estar relacionada à criação de 4 unidades de conservação na região norte do município no ano de 2010, contribuindo para a preservação da cobertura vegetal daquela região.

Figura 3: variação da cobertura vegetal relativa aos anos de 1986 a 2022 do município de Guarulhos



DISCUSSÃO

De acordo com Assis et al., (2021), o município de Guarulhos apresenta duas áreas distintas por suas características ambientais, denominadas de Norte e Sul (ou situadas ao norte e ao sul). A região Norte possui uma área rural em desenvolvimento e a região Sul tem uma área predominantemente urbana e industrial.

Garantir a cobertura arbórea traz benefícios sociais e ambientais. Detzel (1992) afirma que esses benefícios são redução da poluição atmosférica e sonora, melhora da estética das cidades, ações à saúde humana, aumento da capacidade de absorção de raios ultravioletas, diminuição da quantidade de dióxido de carbono que é liberado no ar, redução no impacto da água de chuva e sua dinâmica superficial, alteração da direção e velocidade dos ventos e por proporcionar um microclima agradável. A região norte do município de Guarulhos deve sua maior cobertura vegetal à concentração de unidades de conservação em áreas de morros e montanhas, com alta biodiversidade e riqueza natural.

A cidade de Guarulhos vive uma rápida expansão urbana, sem exceção aos problemas de planejamento e à regularidade da degradação ambiental que caracterizam parte do desenvolvimento das sociedades modernas (Manzano et al., 2019). A pressão antrópica,

especialmente o aumento do crescimento populacional nas áreas mais vulneráveis ambientalmente, tem facilitado muitos processos de erosão e deslizamentos de terra com enormes impactos e conflitos socioambientais (Fialho & Santos, 2013; Osti et al., 2022).

Além da expansão urbana existente, Guarulhos faz parte do trecho norte do Rodoanel, o que impacta na cobertura vegetal do município. A implantação de empreendimentos em escala de Rodoanel tende a causar expansão urbana em regiões ainda não ocupadas. Desta forma há um aumento na densidade populacional em áreas protegidas além de prejudicar a qualidade do meio ambiente (Fialho & Santos, 2013).

O impacto da construção do Rodoanel Norte pode ser verificado, principalmente, incluindo fragmentação florestal, pisoteio de animais, ocupação irregular e bloqueio de cursos d'água (Reis, 2019). Moledo et al. (2015) em seu estudo, afirmam que houve um aumento demográfico na região devido à implementação do trecho do Rodoanel. O adensamento habitacional no entorno da região norte de Rodoanel tem impactado negativamente o meio ambiente, apesar da tentativa do estado por meio de medidas restritivas para conter o crescimento populacional em áreas consideradas ambientalmente poluídas. A proteção, quase sempre, é malsucedida (Bonini et al., 2020). Battistelli (2007) afirma que, em termos de fatores socioeconômicos, pessoas antes desabrigadas passaram a ocupar as franjas das rodovias, gerando irregularidades habitacionais e conflitos pelo uso e ocupação do solo.

Outra forma para ajudar a diminuir os impactos ambientais causados pelo desenvolvimento acelerado do município é a educação ambiental. A educação ambiental é um processo permanente por meio do qual indivíduos e comunidades aprendem sobre o meio ambiente, com questões que podem ser abordadas por meio da aquisição de conhecimentos, valores, habilidades e experiências relevantes para o meio ambiente (Freitas, Bulbovas & Arruda, 2021; Souza & Marques Junior, 2001).

A Organização das Nações Unidas (ONU) lançou em 2015 a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), 169 metas e 230 indicadores que compõem planos de ação para o planeta, indivíduos e prosperidade. Os ODS são ferramentas de planejamento de médio e longo prazo que permitem aos países coordenar políticas sociais, ambientais e econômicas (Pimentel, 2019). Dos 17 ODS, o de número 15 (*Proteger a vida terrestre*) aborda três temas principais: florestas, desertificação e biodiversidade afim de assegurar a conservação, restauração e uso sustentável dos ecossistemas terrestres e de água doce; promover a gestão sustentável de todos os tipos de florestas; travar a deflorestação; restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente a florestação e reflorestação; combater a desertificação; recuperação de terras e solos degradados (Cavalcanti et al., 2017). Desta forma ter conhecimento da situação da cobertura vegetal de uma região é de extrema importância para seja realizado um diagnóstico ambiental e afim de que certas medidas possam ser tomadas.

CONCLUSÃO

A utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi uma ferramenta eficaz para identificar e avaliar a cobertura vegetal do município de Guarulhos ao longo dos anos analisados. Os resultados obtidos mostraram que houve uma redução da cobertura vegetal e o reconhecimento de uma divisão no município, com uma área sem cobertura vegetal, a região Sul, com maior desenvolvimento urbano, e outra área com cobertura vegetal, a região Norte, com menor desenvolvimento urbano e maior presença de UCs.

Observa-se que com os resultados obtidos há um crescimento da área sem cobertura vegetal do município, principalmente onde o trecho do Rodoanel Norte está situado, com aumento nas condições de uso e ocupação irregular, e por consequência um aumento nas áreas sem cobertura vegetal em áreas protegidas por UCs.

REFERÊNCIAS

- Alves, G. B. M., Mendonça, V. M., Martarello, A. P., Pessi, D. D., Vieira, A., & Loverde-Oliveira, S. M. (2020). Análise ambiental do desmatamento em área de assentamento rural no Cerrado (Mato Grosso, Brasil). *Terr@ Plural*, 14, 1-13. Recuperado de <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/15189>.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019). *Unidades de conservação*. Brasília: ANA. Recuperado de <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/9407d38f-84d2-48ea-97dd-ee152c493043>.
- Assis, M. D. S., Saad, A. R., Oliveira, A. P. G., da Silva Ferreira, A. T., & Dalmas, F. B. (2021). A dinâmica da paisagem do município de Guarulhos: uma análise das condições climáticas em função do uso e ocupação do solo. *revista científica acertte*, 1(1), e112-e112. Recuperado em <https://doi.org/10.47820/acertte.v1i1.3>.
- Bandeira, T. V., & da Cruz, M. L. B. (2021). Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiuba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI. *Geosul*, 36(78), 410-433. Recuperado em <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73138>.
- Batisteli, G. M. B. (2007). *Amina residual na flotação catiônica reversa de minério de ferro [dissertação]*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Recuperado em <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MAPO-7R5PXY>.
- Bonini, L. M., de Almeida-Scabbia, R. J., Cruz, M. C. B., & de Lima, P. F. (2020). Diagnóstico antrópico: impacto ambiental no trecho norte do rodoanel na região metropolitana de São Paulo, SP. *South American Development Society Journal*, 6(18), 82. Recuperado em <http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i18p82-100>.
- Cavalcanti, E. R., Coutinho, S. F. S., Ferreira, L. F., & Silva, R. L. C. (2017). Unidades de Conservação Federais da Caatinga: o papel da educação ambiental para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Agenda 2030). *Anais II CONIDIS...* Campina Grande: Realize Editora, 2017. Recuperado em <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33910>.
- Damasceno, M. L., Pereira, J. A. D. S., & Schuler, C. A. B. (2020). Análise espaço temporal da cobertura vegetal do município de Arcoverde (Pernambuco). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 1(1). Recuperado em <https://www.rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/5>.
- Detzel, V. A. (1992). Arborização urbana: importância e avaliação econômica. In *Congresso Brasileiro Sobre Arborização Urbana* (V. 1, pp. 39-52).
- Duarte, R. C., & Azevedo, F. D. A. D. (2018). Análise geoambiental da vegetação de Guarulhos. *Revista Educação-UNG-Ser*, 12(2 ESP), 61. Recuperado em <http://revistas.ung.br/index.php/educacao/article/view/3255>.

- Fialho, M. L., & dos Santos, S. A. D. (2013). As unidades de conservação em Guarulhos, SP: gestão territoriais dos espaços naturais protegidos. *International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)*, 2(4), 46-74. Recuperado em <https://doi.org/10.47916/ijkem-vol4n2-2013-3>.
- Fonseca, S. G. F., de Andrade, M. R. M., & Oliveira, A. M. S. (2014). Unidades de Conservação do município de Guarulhos: avaliação com base em aspectos geoambientais e instrumentos de gestão. *Boletim Goiano de Geografia*, 34(1), 55-72. Recuperado em <https://doi.org/10.5216/bgg.v34i1.29315>.
- Freitas, G. S., Bulbovas, P., & Arruda, R. D. O. M. (2021). Percepção do conhecimento sobre resíduos sólidos da construção civil por graduandos e graduados em engenharia civil. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 16(4), 305-319. Recuperado em <https://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.11708>.
- Guarulhos. (2021). Prefeitura Municipal. *Estatísticas e Geografia*. Guarulhos. Recuperado em <https://www.guarulhos.sp.gov.br/estatisticas-e-geografia>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Malhas Territoriais*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Recuperado em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022a). *Biomás Brasileiros*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022b). *Guarulhos*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Recuperado em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/guarulhos.html>.
- Kudo, S. A., Pereira, H. S., & Silva, S. C. P. (2016). A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, 38. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.42687>
- Lobato, R., Menezes, J., de Lima, L. A., & Sapienza, J. A. (2011). Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da mata atlântica na região costeira do distrito de Tamoiós-Cabo Frio/RJ. *Caderno de Estudos Geoambientais*. Recuperado em <http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/2>.
- Manzano, M. N., da Silva Ferreira, A. T., Saad, A. R., Pizzato, E., de Queiroz, W., & Dalmas, F. B. (2019). Fragilidade a inundações da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu (Guarulhos, SP). *Pesquisas em Geociências*, 46(3), 0785. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.97383>.
- Moledo, J. C., Abibe, C. H., Saad, A. R., & Dalmas, F. B. (2015). impactos ambientais relativos à implantação do rodoanel, trecho norte, na bacia hidrográfica do Tanque Grande, município de Guarulhos, São Paulo. *Revista Geociências-UNG-Ser*, 14(1), 49-70. Recuperado em <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/2258>.
- Moreno, R. S. (2016). *Planejamento urbano em Guarulhos: entre o discurso e a prática (1967 a 2016)*. 2016. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Recuperado de <https://10.11606/T.16.2017.tde-16122016-162554>.
- Oliveira, M. V.M., dos Santos Oliveira, A. M., Gonzaga, A. F. N., de Oliveira, P. E., & da Silva Ferreira, A. T. (2020). Recognizing Brazilian Cerrado Enclaves by Modeling Geoenvironmental Parameters. *Journal of Geographic Information System*, 12(2), 125-140. <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2020.122008>
- Osti, J. A. S., Marquardt, G. C., Freitas, G. S. & Rosini, E. F. (2022). Water quality indicators in water bodies of Guarulhos state forest, Southeastern Brazil. In book: *Biogeochemistry and ecosystem services in urban green-blue systems* Publisher: ANAP, p. 98-115. Recuperado de <https://www.estantedaanap.org/product-page/biogeochemistry-and-ecosystem-services-in-urban-green-blue-systems>.
- Pimentel, G. S. R. (2019). O Brasil e os desafios da educação e dos educadores na agenda 2030 da ONU. *Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*, 1(3), 22-33. <https://doi.org/10.36732/riep.v1i3.36>
- Reis, A. F. D. (2019). *Uso público e concessão de serviços no Parque Estadual da Cantareira-São Paulo-SP* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo). <https://doi.org/10.11606/T.91.2019.tde-30082019-163551>.

Rouse, J. W., Hass, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite (ERTS) Symposium*, 1, 309-317.

Santos, F. M., de Oliveira, A. A., Torresani, B. D. D. C. G., de Queiroz, W., & dos Santos Oliveira, A. M. (2016). Análise das alterações tecnogênicas das cachoeiras do município de Guarulhos (SP). *Revista Geociências-UNG-Ser*, 15(1), 43-60.

Souza, P. A. B. F., & Marques Junior, S. (2001). A importância da educação ambiental na formação de profissionais de engenharia relacionados ao setor de transportes urbanos. In *Congresso Cobenge*. Recuperado em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/18/trabalhos/EMA027.pdf>.

USGS - United States Geological Survey. Earth Explorer. (1986). Imagens Landsat 5. Órbita 219, ponto 076. Recuperado em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS - United States Geological Survey. Earth Explorer. (1991). Imagens Landsat 5. Órbita 219, ponto 076. Recuperado em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS - United States Geological Survey. Earth Explorer. (2013). Imagens Landsat 5. Órbita 219, ponto 076. Recuperado em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS - United States Geological Survey. Earth Explorer. (2022). Imagens Landsat 5. Órbita 219, ponto 076. Recuperado em: <http://earthexplorer.usgs.gov>

Recebido em 03/jan./2023

Aceito em 01/out./2023

Publicado em 17/nov./2023