

**VI- 02 – IDENTIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA MAPEAMENTO QUALIFICADO DE MICROBACIAS URBANAS. ESTUDO DE CASO REALIZADO NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO LAVAPÉS EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS.**

**Brunna Stefany Silva Baliza<sup>(1)</sup>; Fabiana Alves Fiore<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Graduanda de Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Eng. Francisco José Longo, 777 - Jardim Sao Dimas, São José dos Campos - SP, 12245-000.

Email: [b.baliza@unesp.br](mailto:b.baliza@unesp.br)

<sup>(2)</sup> Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas. Professora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. Eng. Francisco José Longo, 777 - Jardim Sao Dimas, São José dos Campos - SP, 12245-000.

Email: [fabiana.fiore@unesp.br](mailto:fabiana.fiore@unesp.br)

## RESUMO

As áreas verdes possuem grande relevância em ambientes urbanos, no entanto, elas têm sofrido sérias consequências negativas da urbanização crescente e muitas vezes sem planejamento. Ferramentas de mapeamento têm sido fundamentais para a promoção de melhor gestão e tomada de decisão no que se refere à ocupação do território. Para que se obtenha uma análise de qualidade é necessária a utilização de dados com escalas adequadas e com qualidade espacial, temporal e categórica. Nesse contexto, este projeto tem como objetivo a identificação de procedimento para mapeamento de microbacias urbanas, com melhor qualidade de imagem, por meio de estudo de caso realizado na microbacia do ribeirão Lavapés em São José dos Campos. O mapeamento da microbacia, foi desenvolvido no *software* ArcGis Pro, onde tanto os dados do LANDSAT-OLI, quanto das ortofotos, foram processados. Realizou-se para as duas imagens a classificação supervisionada baseada em pixel, utilizando o método de Máxima Verossimilhança. A partir dos mapas de uso e ocupação, foram verificados os Percentuais de Área Verde (PAV) da microbacia em estudo. Os resultados permitiram concluir que o satélite Landsat-8, apesar de possuir média resolução espacial, possibilitou a visualização da microbacia de forma satisfatória. No entanto, para o desenvolvimento de mapas de uso e ocupação de áreas pequenas e que exigem alto detalhamento, imagens de média resolução não são tão eficazes, pois perdem informações de feições com pequenas extensões. Assim, resoluções altas como das ortofotos, são mais indicadas pois possuem pixels caracterizados por alta riqueza de detalhes, o que permite a identificação de árvores isoladas, justificando a discrepância entre os percentuais de área verde obtidos na região da microbacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mapeamento, Microbacia Urbana, Mapeamento de Qualidade.

## INTRODUÇÃO

O mundo moderno tem enfrentado consequências adversas relacionadas ao crescimento acelerado e muitas vezes desordenado das cidades (Cabral e Cândido, 2019). Destaca-se o desequilíbrio ecológico extremo, que tem como agravante a supressão da vegetação e principalmente a gestão inadequada das áreas verdes urbanas remanescentes. Considerada a importância dessas áreas, se fazem necessários estudos que abordem a problemática, de maneira a promover a sua melhor gestão (Bressane et al., 2016).

Considera-se a existência e a qualidade das áreas verdes como relevantes indicadores da qualidade ambiental urbana. Elas também demonstram o atendimento ao planejamento exigido por lei nas cidades (Jardim e Umbelino, 2020). Ao longo dos anos, as técnicas de processamento digital de imagens têm se tornado importantes ferramentas para gestão e planejamento das áreas urbanas, dado que a partir do mapeamento do uso e ocupação é possível ter maior compreensão sobre a dinâmica terrestre e a influência do homem sobre a mesma (Nery et al., 2013).

Os primeiros relatos sobre análise do uso da terra no Brasil ocorreram no final da década de 30. Desde então, o geoprocessamento associado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) vêm colaborando

para o mapeamento da cobertura da terra a partir do tratamento de dados espaciais, análise e elaboração de mapas. Este mapeamento é desenvolvido a partir do emprego de técnicas de classificação de imagens digitais, que ocorre a partir da atribuição de cada pixel a uma classe espectral definida, com a utilização dos dados espectrais disponíveis (Nery et al., 2013; Valois, 2009).

Nesse contexto, a escolha da resolução espacial da imagem a qual se deseja trabalhar possui grande importância, devido à sua interferência tanto na área mínima de uma determinada classe a ser mapeada, quanto na sua identificação. Portanto, quanto maior a resolução espacial, maior a riqueza de detalhes dos objetos detectados (Afonso e Breunig, 2015).

No caso do mapeamento para análise ambiental, escalas adequadas e com qualidade espacial, temporal e categórica são comumente discutidas, devido, principalmente, à falta de materiais disponíveis, ferramentas e métodos adequados, o que faz com que trabalhos desenvolvidos nessa área sejam muito importantes para avaliação das escolhas que deve-se fazer para obter resultados satisfatórios para melhor gestão de áreas verdes urbanas (Pereira et al., 2018). Destaca-se ainda a restrição ao acesso de imagens de alta resolução devido ao alto custo financeiro (Pérez, 2012). É nesse contexto que essa pesquisa foi realizada, com o objetivo de identificar procedimento para mapeamento de microbacias urbanas, com melhor qualidade de imagem, por meio de estudo de caso realizado na microbacia do ribeirão Lavapés em São José dos Campos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um estudo de caso realizado na microbacia ribeirão do Lavapés, localizada na margem direita do rio Paraíba do Sul na região central do município de São José dos Campos, São Paulo. A pesquisa é subsidiada por dados quanti-qualitativos, visando identificar e interpretar fenômenos, descrevê-los e classificá-los, sem que sejam manipulados para alterar a realidade (Gil, 2002). Os procedimentos previstos para o desenvolvimento do estudo de caso estão representados pela Figura 1.

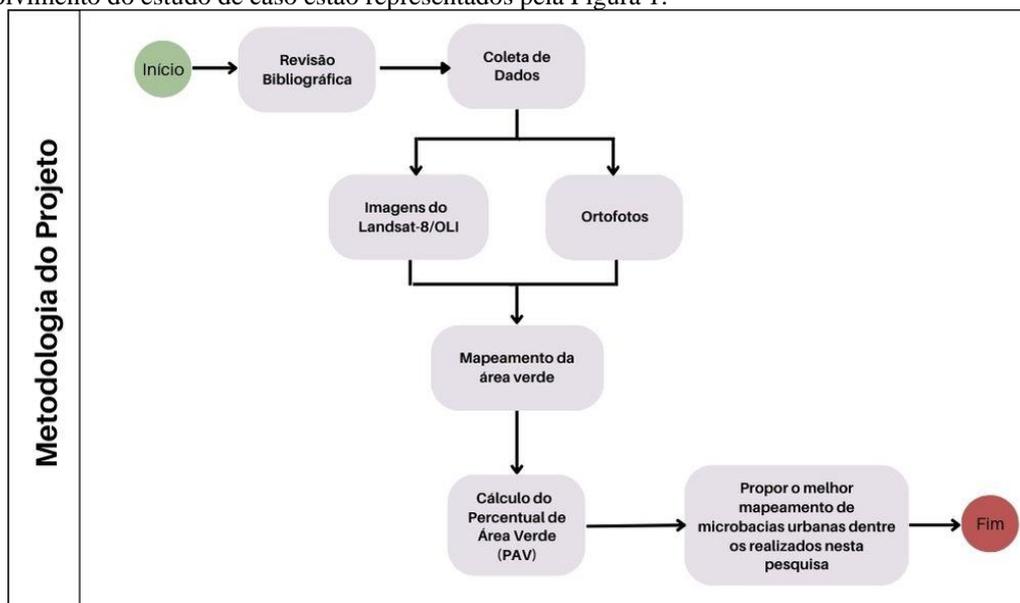


Figura 1. Fluxograma de Execução do Projeto

A revisão bibliográfica foi desenvolvida por meio do Método de Pesquisa em Arquivo (MPA) (Searcy & Mentzer, 2003), na base de dados *Science Direct*. Para efetividade da pesquisa, foram aplicados os seguintes filtros: uso de palavras-chaves em português e inglês, limitação do período de publicação dos trabalhos a partir de 2015, ordenamento por significância e uso dos 100 primeiros documentos da literatura acadêmica.

O desenvolvimento do mapeamento da microbacia, via imagem de satélite, deu-se mediante adaptação da metodologia de (Sampaio et al., 2020). A imagem utilizada foi a do LANDSAT-OLI adquirida na plataforma *United States Geological Survey* (USGS), referente ao dia 13 de setembro de 2020, Collection 2 Level-1. Com o auxílio do *software* ArcGis Pro realizou-se o processamento dos dados, e foi criada a composição colorida RGB.

A aquisição dos dados de uso e ocupação foram baseados no método aplicado em Messias (2016). Assim, realizou-se uma classificação supervisionada baseada em pixel, no qual aplicou-se o método de Máxima Verossimilhança. Com este processo finalizado, foram gerados 500 pontos aleatórios para verificação

da acurácia da classificação, associou-se estes pontos ao valor individual de cada classe, que foram verificados visualmente, por uma única pessoa, e alterado caso a classe relacionada ao ponto fosse incorreta, por fim, obteve-se a matriz de confusão composta pelo Kappa. O mesmo procedimento metodológico de classificação foi aplicado para o mosaico de ortofotos que foi cedido pela prefeitura de São José dos Campos, com 15 metros de resolução espacial.

Com base na metodologia proposta por Jardim e Umbelino (2020). O PAV é calculado pela equação:  $(\text{Área Verde}/\text{Área do Perímetro Urbano}) * 100$ . A obtenção das variáveis da equação deu-se pela transformação dos dados do raster em polígono, o que permitiu o cálculo da geometria, logo, o valor da área de cada classe do uso e ocupação em metros, que posteriormente foram transformados em hectares.

Os dados dos PAVs foram comparados visando analisar a influência da resolução espacial sobre a quantificação de áreas florestadas como proposto em (Afonso e Breuning, 2015). Por fim, foi proposto o melhor método dentre os desenvolvidos nesta pesquisa, para o mapeamento de microbacias urbanas, levando em consideração a escala da área.

## RESULTADOS

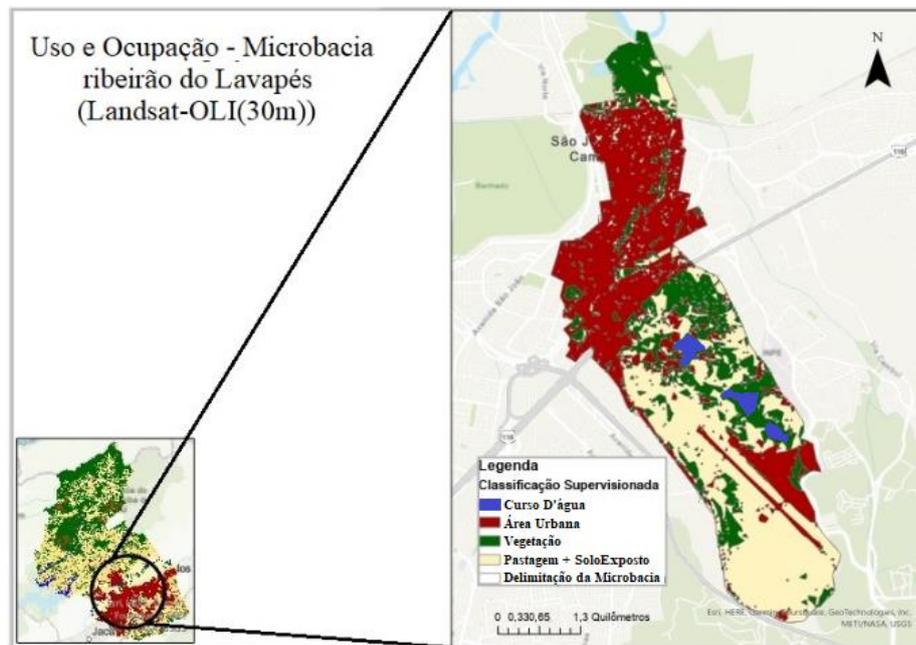
### *Mapeamento a partir de imagem de satélite*

Informações do satélite Landsat-8 são amplamente utilizadas em empresas e instituições governamentais devido à disponibilidade de imagens sem interferência de nuvem em todo o território brasileiro (Mas *et al.*, 2020). Na Figura 2 verifica-se a microbacia ribeirão do Lavapés a partir da composição de bandas do Landsat.



**Figura 2.** Microbacia ribeirão do Lavapés a partir da imagem espacial do Landsat-8.

Visando obter uma imagem colorida foi realizada a composição das bandas Red, Green e Blue (RGB), que gerou um produto com baixa nitidez devido à resolução espacial ser de 30 metros (Figura 2). Em seguida, a região da microbacia foi classificada quanto ao seu uso e ocupação como mostra a Figura 3.



**Figura 3.** Mapa de uso e ocupação da microbacia ribeirão do Lavapés

A classificação supervisionada gerou o mapa da Figura 3, onde foram definidas quatro classes, são elas: curso d'água, vegetação, área urbana e mosaico de Pastagem+Solo Exposto. A extensão e porcentagem de cada classe está disposta na Tabela 1.

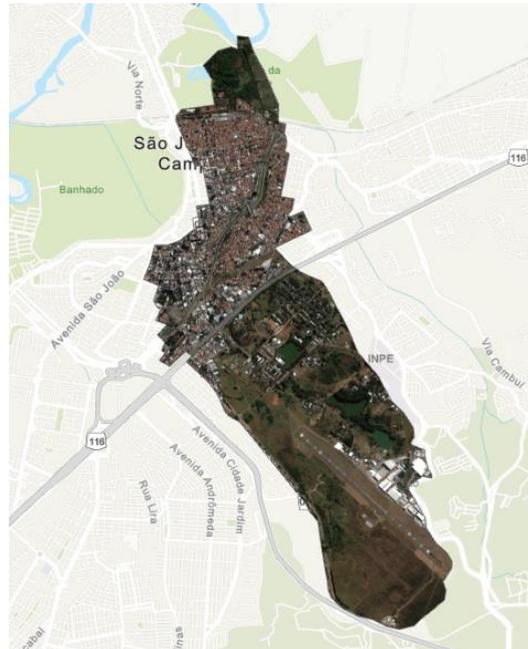
Tabela 1. Classificação Landsat

Classificação		
Classe	Área (hec)	Porcentagem (%)
Curso D'água	22,61	1,11
Vegetação	372,16	18,3
Pastagem + Solo Exposto	543,85	26,7
Área Urbana	1098,78	53,9

Verificou-se que a área urbana é a classe de maior extensão, equivalente a mais de 50% da área total, seguida do mosaico de pastagem e solo exposto (26,6%), já a vegetação e curso d'água possuem menor porcentagem em relação às demais respectivamente 18,2% e 1,1%. Ao comparar a Figura 2 com a 3, constata-se que árvores isoladas ou áreas verdes de pequenas dimensões não foram detectadas, o que ocasionou o menor percentual de área de vegetação.

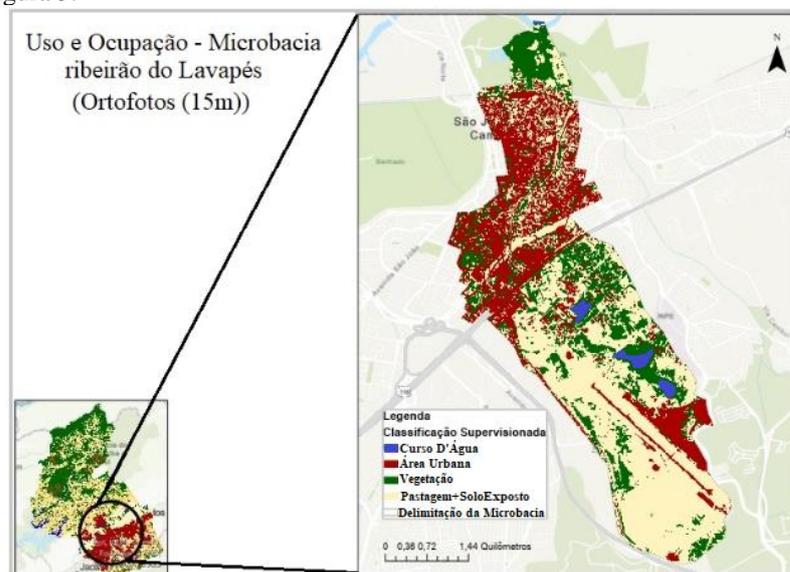
*Mapeamento a partir do mosaico de ortofotos*

O uso de ortofotos proporcionam maior riqueza de detalhes referente às características físicas das áreas mapeadas, por isso são fortemente indicadas para a elaboração de mapas temáticos como os de uso e ocupação do solo (VALOIS, 2009). A microbacia do ribeirão do Lavapés pode ser observada na Figura 4, a partir do mosaico de ortoimagens adquiridas mediante sobrevoo da área.



**Figura 4.** Microbacia ribeirão do Lavapés a partir de ortofotos.

Em comparação com a imagem do Landsat-8, as ortofotos constitui um resultado com alta nitidez. A partir da Figura 4, foi realizada a classificação do uso e ocupação do solo para a microbacia estudada, obtendo o mapa temático da Figura 5.



**Figura 5.** Mapa de uso e ocupação da microbacia ribeirão do Lavapés.

Com o intuito de comparar os resultados, todo o processo metodológico de classificação aplicado no mapeamento do Landsat, foi replicado nas ortofotos. Segundo Naesset et al., (2016) imagens de alta resolução, conseguem detectar a diferença espacial dentro de parcelas em termos de árvores dispersas e grupos de árvores, o que justifica o mapa da Figura 5 ter uma área de vegetação menos definida e mais distribuída.

Tabela 2. Classificação Ortofotos

Classificação		
Classe	Área (hec)	Porcentagem (%)

Curso D'água	23,08	1,13
Vegetação	497,66	24,4
Pastagem + Solo Exposto	603,70	29,6
Área Urbana	912,96	44,8

Observa-se nos dados da Tabela 2 que o componente de maior extensão no mapa assim como no Landsat equivale à área urbana (44,8%), entretanto, com uma redução significativa da classe em resultado do aumento da classe de pastagem+solo exposto (29,6%). No que se refere à classe de vegetação, analisa-se um aumento significativo de 6%, devido a detecção das áreas verdes de pequenas extensões.

### DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nas classificações realizadas, verifica-se que com o uso da imagem do Landsat pequenas porções da classe de vegetação não foram consideradas, diferente das ortofotos, que identificou grande parte da arborização da região. Esses resultados corroboram com o disposto por Ponssoni et al. (2014) que evidenciaram que o uso de imagens espaciais de 30 m para desenvolvimento de mapas de uso e ocupação de áreas pequenas, como microbacias, e que exigem alto detalhamento não são tão eficazes, pois perdem informações de feições com pequenas extensões.

As áreas de grande escala foram representadas com boa precisão em ambas as classificações, gerando estimativas razoáveis como indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Dados da microbacia

	Área Verde (hec)	Perímetro Urbano (hec)	Pastagem+Solo Exposto (hec)	PAV (%)	Kappa
<b>Landsat</b>	372,16	1098,78	543,85	33,87	0,7
<b>Ortofotos</b>	497,66	912,96	603,70	53,28	0,8

Constata-se a partir dos dados mostrados na Tabela 1, que na classificação do Landsat a área urbana na extensão da microbacia é três vezes maior que a região vegetada. Baseado nestas informações, calculou-se o percentual de área verde, obtendo um valor de aproximadamente 34%. Em relação às ortofotos, o PAV atingiu o valor de 53%, verifica-se que a região ocupada por área verde é maior que a identificada pelo Landsat, levando à inferência de que estes resultados devem-se à soma das pequenas porções de vegetação que a resolução permitiu identificar.

Estudos afirmam que a presença de vegetação em meio a urbanização, seja de forma dispersa ou contínua, são capazes de proporcionar o aumento da qualidade de vida populacional e o equilíbrio ambiental (Lima e Amorim, 2011). Áreas verdes dispostas de forma contínua nas cidades, como parques e florestas urbanas proporcionam benefícios mais significativos, como a formação de corredores ecológicos, que permitem a dispersão da fauna e flora, além da manutenção da biodiversidade (Colding et al., 2009). No entanto, a vegetação dispersa, como árvores e jardins em pequenas áreas verdes, são fundamentais para fornecer benefícios locais, como regulação do microclima (Nowak et al., 2006).

Segundo Landis e Koch (1977), o índice Kappa com valores de 0,7 e 0,8 possuem, respectivamente, uma concordância forte e excelente. Este índice possui influência no PAV, já que o Kappa diz respeito à precisão de mapeamento, portanto, quanto maior o Kappa, mais próximo da realidade está o PAV. Observa-se que devido à soma de pequenas extensões de vegetação detectadas pelas ortofotos, houve grande diferença em relação aos PAVs adquiridos pelos mapeamentos, mesmo os Kappas não tendo alta discrepância.

Apesar desta diferença, ressalta-se a relevância das imagens de 30 metros de resolução da coleção Landsat, pois estas permitem uma visão de conjunto sobre o território, contribuindo para estudos que visam estabelecer semelhanças entre regiões dentro do mesmo cenário. Além disso, as imagens do Landsat possuem fácil acesso e uma linha histórica de imagens em boas condições atmosféricas e de iluminação ao longo de 40 anos (Pérez, 2012).

O percentual de área verde é considerado satisfatório quando atinge porcentagem acima de 60% e remetem a cenários com potencial de gerar um ambiente urbano saudável (Jardim e Umbelino, 2020). Assim, os PAVs adquiridos em ambos os mapeamentos, indicam que a área não possui um percentual de vegetação satisfatório, entretanto, nas ortofotos o PAV está 7% abaixo do ideal, o que indica que uma gestão integrada de áreas verdes dentro da localidade da microbacia pode suprir esse déficit.

## CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o mapeamento de microbacias com imagens de 30 metros de resolução, apesar de satisfatórias, não conseguem alcançar alto nível de detalhamento, pois o número de fragmentos florestais identificados diminui à medida que a resolução das imagens reduz, visto que resoluções altas como das ortofotos, possuem pixels caracterizados por alta riqueza de detalhes, o que permite a identificação de árvores isoladas, justificando a discrepância entre os percentuais de área verde obtidos na região da microbacia estudada.

Nas resoluções moderadas, como a do Landsat, esta tendência tende a desaparecer, e apenas regiões de grande e média escala são detectadas. Então, é sugerido que estudos que objetivam analisar pequenas áreas como microbacias e que buscam resultados com maior proximidade da realidade, priorizem imagens com alta resolução espacial.

## AGRADECIMENTOS

Esse projeto possui o financiamento da Pró-Reitoria de Graduação da Unesp – PROGRAD (Edital 001/2021). O autor principal usufruiu de bolsa de pesquisa da PROGRAD. Agradecemos também a PROGRAD/UNESP pelo auxílio para participação no evento (Edital 05/2023) e ao ICT/UNESP pela concessão do transporte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFONSO, P.; BREUNIG, F.. Influência da resolução espacial de imagens orbitais no mapeamento de fragmentos florestais. 2015.
2. BRESSANE, A.; et al. Sistema de Apoio à Gestão de Áreas Verdes na Preservação Permanente de Corpos Hídricos Urbanos. *Ciência Florestal*. 2016, v. 26, n.03.
3. CABRAL, L. N. e CANDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. 2019, v. 11.
4. Colding, J., Lundberg, J., & Folke, C. (2009). Incorporating green-area user groups in urban ecosystem management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(2), 88-95.
5. GIL, Antonio Carlos. Como classificar as pesquisas. Como elaborar projetos de pesquisa, v.4, p. 44-45, 2002.
6. HERZOG, C. P., & ROSA, L. Z. (2010). Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, (1), 92-115. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p92-115>
7. JARDIM, J. P.; Umbelino G. Mapeamento de áreas verdes e da arborização urbana: estudo de caso de Diamantina, Minas Gerais. 2020.
8. LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data, Washington, USA. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
9. Lima, V., & Amorim, M. C. da C. T. (2011). A IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS VERDES PARA A QUALIDADE AMBIENTAL DAS CIDADES. *Formação (Online)*, 1(13). <https://doi.org/10.33081/formacao.v1i13.835>
10. MAS, J. F.; et al. Análise da disponibilidade de imagens Landsat e Sentinel para o Brasil. *Geografia Ensino & Pesquisa*, [S. l.], v. 24, p. e47, 2020. DOI: 10.5902/2236499461324.

11. MESSIAS, C. G. Análise de Uso do Solo Utilizando Diferentes Técnicas e Imagens de Média e Alta Resolução Espacial. (2016). Revista de Geografia - PPGE - v. 2, nº 1. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17912/9219>>. Acesso em: 4 abr. 2023.
12. NAESSET, E.; ORKA, H.O.; SOLBERG, S.; BOLLANDSAS, O.M.; HANSEN, H.E.; MAUYA, E.; ZAHABU, E.; MALIMBWI, R.; CHAMUYA, N.; OLSSON, H.; GOBAKKEN, T. Mapping and estimating forest area and aboveground biomass in miombo woodlands in Tanzania using data from airborne laser scanning, TanDEM-X, RapidEye, and global forest maps: A comparison of estimated precision. Remote Sensing of Environment, v. 175, p. 282- 300, 2016.
13. NERY, C. V. M.; et al. Avaliação das Técnicas de Classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. Revista Brasileira de Geografia Física V. 06 N. 02 (2013) 320-328.
14. Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening, 4(3-4), 115-123.
15. PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F.; OLIVEIRA, R. R. M. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. 2018.
16. PÉREZ MACHADO, Reinaldo Paul. Integração geo-escalar: proposta de uma metodologia de identificação de mudanças no uso, ocupação e cobertura do solo aplicando a tecnologia geoespacial. 2012. Tese (Livre Docência em Livre-docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2012. doi:10.11606/T.8.2014.tde-18112014-173940. Acesso em: 2023-03-27.
17. PONSSONI, C.; et al. Classificação do Uso e Cobertura da Terra com Distintas Resoluções Espaciais: Aplicação A Bacia do Lajeado Rincão. Enciclopédia Biosfera, V. 10, N. 18, 2014.
18. SAMPAIO, H.S. et al. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e satélite. 2020.
19. SAMPAIO, V. H.; BAPTISTA, G. M.; OLIVEIRA, R. R. M. Espaços Verdes Urbanos e as Percepções Globais dos Serviços Ecossistêmicos à Luz da Tecnologia. 2021.
20. SEARCY & MENTZER. A framework for conducting and evaluating research. 2003.
21. VALOIS, C. M. .Mapeamento Do Uso Da Terra E Conflitos De Uso Nas Matas Ciliares Na Microbacia Pomba Branca, Município De Barra Bonita (SC). 2009.