

DOI: 10.33947/1981-741X-v20n2-4831

AVALIAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO DA FLORESTA URBANA DO BAIRRO VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP**ASSESSMENT THROUGH REMOTE SENSING OF THE URBAN FOREST OF VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP**Thaís Akemi Sillmann¹, Giovanna Maria da Silva², Matheus Felipe Maranhão Matos Alves dos Santos³, Demóstenes Ferreira da Silva Filho⁴

Submetido em: 19/11/2021

Aprovado em: 03/12/2021

RESUMO

A floresta urbana proporciona inúmeros benefícios nas cidades, interferindo na qualidade de vida e ambiental. A falta de informações quali-quantitativas sobre a cobertura arbórea é vista como uma barreira para o correto planejamento e monitoramento da arborização de vias públicas. Tecnologias como o sensoriamento remoto são relevantes para a coleta de grande quantidade de dados de forma eficaz, a classificação supervisionada por imagens multiespectrais e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem obter descrições mais precisas da floresta urbana. Este trabalho teve por objetivo avaliar a cobertura arbórea viária do bairro Vila Monteiro, localizado em Piracicaba, SP, realizando pela classificação supervisionada a caracterização da floresta urbana do bairro e a descrição da arborização de cada via do local, inferindo a necessidade de plantio e substituição das árvores, por meio da avaliação remota. A classificação supervisionada foi considerada excelente, sendo uma boa representação da realidade. O bairro apresenta 14,91% de área vegetada, com 20 m²/habitante e índice de floresta urbana de 0,72. Há a necessidade de plantio de 653 árvores e substituição de 133 indivíduos nas vias. Considera-se a arborização existente não adequada para o bairro, ou seja, a floresta urbana não cumpre plenamente seu papel ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Arborização urbana. Imagens multiespectrais de alta resolução. Classificação supervisionada.

ABSTRACT

Urban Forest is associated with various benefits in the city, contributing to life and environmental quality. The lack of quantitative and qualitative information regarding the tree cover restricts the correct planning and monitoring of public green spaces. Remote sensing is a relevant technology that enables analyses of a range of data effectively, likewise, Supervised Classification using high-resolution multispectral images and Geographic Information System allow the accurate description of the urban forest. This work carried out a remote assessment of the street tree cover in the Vila Monteiro neighborhood, located in Piracicaba, São Paulo. We evaluated the Urban Forest through Supervised Classification, and the necessity of removing and planting trees in the streets of this area. The results show that the Supervised Classification was excellent, expressing a realistic representation. The vegetative fraction of Vila Monteiro is 14,91%, representing 20 m²/inhabitant and an urban forest index of 0,72. There was verified the necessity of inserting 653 trees and substituting 133 individuals on the streets. The street trees are insufficient, thus the urban forest does not fulfill its environmental role.

KEYWORDS: *Urban trees. High-resolution multispectral images. Supervised Classification.*

¹ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

² Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

³ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

⁴ Professor Doutor, Departamento de Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

INTRODUÇÃO

A floresta urbana é um importante elemento na cidade, contribuindo para equilibrar o ambiente construído e a natureza e proporcionando inúmeros benefícios ambientais que se relacionam a regulação do microclima, melhoria da qualidade do ar, conservação do solo, preservação da fauna e flora e fornecimento de conforto acústico e visual, além de inúmeros benefícios relacionados ao bem-estar físico e psicológico dos habitantes, pela contribuição na melhoria do humor, no alívio do estresse e no estímulo à prática de atividades físicas ao ar livre (HAN; PARK; AHN, 2018; JUNTTI; COSTA; NASCIMENTO, 2021; KOTHENCZ; BLASCHKE, 2017).

Apesar dos inúmeros benefícios atribuídos à floresta urbana, muitos estudos demonstram que nas cidades brasileiras há uma baixa proporção de áreas vegetadas, resultado da herança do processo de urbanização desordenado, mas também ocasionado pela falta de participação do poder público para a gestão da arborização (ARAÚJO et al., 2019; BACELAR et al., 2020; DAUNT; SILVA, 2019). Uma grande barreira na administração desses espaços é imposta pela falta de informações aplicáveis, tornando-se imprescindível o estudo quali-quantitativo do ambiente urbano para facilitar o planejamento e possibilitar tomadas de decisões mais rápidas e assertivas (WELLMANN et al., 2020).

Atualmente, dentre as técnicas disponíveis, o sensoriamento remoto é visto como uma das mais relevantes, pois possibilita a coleta de dados por meio de imagens de satélites e aéreas, permitindo a análise e classificação do espaço urbano de forma eficaz, com baixo uso de recursos e com agilidade para observar grande número de dados (ZHU et al., 2019). Além disso, devido à situação atual da pandemia da Covid-19, a necessidade do isolamento e distanciamento social expressa com ainda mais importância o uso de ferramentas como esta, devido à presença no local nem sempre ser possível.

Nas cidades, o mapeamento da cobertura do solo é essencial para caracterizar os diversos elementos da malha urbana, possibilitando a quantificação das áreas vegetadas, divididas entre cobertura arbórea e vegetação rasteira, e também das vias de circulação, que são consideradas áreas impermeabilizadas, construções, solo exposto, áreas com água, etc. Diferentes proporções entre essas áreas permitem compreender melhor problemas na urbanização, como por exemplo, risco de deslizamento e enchentes e formação de ilhas de calor (PEREIRA; COUTO, 2020).

A classificação supervisionada (CS) permite a identificação desses elementos, por meio de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução, capturadas por câmeras acopladas em aeronaves. Com as imagens, o trabalho de classificação é feito, primeiramente, de forma manual, com pequenas amostras dos padrões espectrais atribuídas aos tipos de cobertura relevantes a observação, sendo o trabalho de classificação pixel-a-pixel atribuído ao software (ROLLO, 2014; SILVA FILHO et al., 2005).

A integração dos dados obtidos com a CS com sistemas de informação geográfica (SIG) permitem uma precisão maior com relação à descrição da floresta urbana, possibilitando que possam ser identificados

DOI: 10.33947/1981-741X-v20n2-4831

AVALIAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO DA FLORESTA URBANA DO BAIRRO VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP
Thais Akemi Sillmann, Giovanna Maria da Silva, Matheus Felipe Maranhão Matos Alves dos Santos, Demóstenes Ferreira da Silva Filho

pontos para plantio de árvores, assim como indivíduos que precisam de remoção, contribuindo grandemente com a manutenção e planejamento da arborização viária.

Este trabalho teve por objetivo a avaliação da floresta urbana do bairro Vila Monteiro, localizado no município de Piracicaba, SP, por meio de classificação supervisionada usando imagem aérea multiespectral do bairro, e também a avaliação remota visando analisar apenas as vias do bairro (avenidas, ruas e travessas), com o objetivo de verificar a necessidade de novos plantios e substituição de árvores, inserindo no mapa a localização geográfica de cada ação necessária.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA ESTUDADA

Piracicaba é uma cidade do interior paulista situada a 22° 43' 30" sul de latitude e 47° 38' 51" oeste de longitude, com população estimada em 404.142 habitantes e área territorial de 1.378,069 km² (IBGE, 2020). O bairro estudado foi Vila Monteiro, localizado à 22°43'54.28" sul de latitude e 47°37'55.14" oeste de longitude, delimitado pelas avenidas Independência, Piracicamirim, Prof. Alberto Vollet Sachs e Carlos Martins Sodero. Com área de 89,00 ha, população total de 6.276 habitantes e densidade demográfica de 70,52 hab/ha, está localizado aproximadamente a 2 km do centro da cidade e engloba em sua área um dos principais cemitérios da cidade, o cemitério da Saudade, com 92,983 m² (IBGE, 2010). A análise dos dados foi realizada entre março e julho de 2020.

CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA (CS) DO BAIRRO

A imagem multiespectral da área estudada foi fornecida pela ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, e obtida utilizando câmera digital multiespectral DUNCAN TECH modelo MS 3100, com resolução de imagem de 1384 x 1036 pixels acoplada a um avião CESSNA, modelo 180. A imagem capturada foi georreferenciada e corrigida geograficamente por meio de dados de GPS topográfico em pontos de apoio terrestre que foram corrigidos diferencialmente, em pós-processamento, com os dados da estação base do campus da ESALQ/USP.

O programa utilizado para a classificação supervisionada foi o software gratuito MultiSpec®. Primeiramente, pequenas amostras da imagem foram atribuídas como padrões espectrais aos tipos de cobertura, sendo o trabalho de classificação pixel-a-pixel atribuído ao software. Foi utilizado o classificador ECHO Spectral-spatial, que analisa a imagem tanto pelas características espectrais quanto espaciais, agrupando os pixels de espectro similar em grupos menores, para então juntá-los em diferentes regiões maiores. A área do bairro foi classificada em onze categorias sendo as classes atribuídas a imagem: 1. Fundo, 2. Copa de árvore, 3. Relvado, 4. Solo exposto, 5. Asfalto, 6. Sombra, 7. Piscina, 8. Telha clara, 9. Telha escura, 10. Telha cinza e 11. Telha cerâmica.

Para avaliar a precisão do mapeamento temático utilizou-se a estatística Kappa extraída de matriz de erro obtida pelo programa, sendo os valores obtidos entre 80% e 100% classificados como excelentes (ROLLO, 2014). Também foram calculados índices para a composição das variáveis obtidas

DOI: 10.33947/1981-741X-v20n2-4831

AVALIAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO DA FLORESTA URBANA DO BAIRRO VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP
Thais Akemi Sillmann, Giovanna Maria da Silva, Matheus Felipe Maranhão Matos Alves dos Santos, Demóstenes Ferreira da Silva Filho

na imagem classificada de acordo com a metodologia de Silva Filho et al. (2005), sendo esses o PAI - proporção entre o espaço arborizado e o espaço livre, PAC- proporção do espaço arborizado e o espaço construído, PAV - proporção do espaço livre arborizado em relação ao espaço livre vegetado e IFU - Índice de floresta urbana. Dados das fórmulas:

$$PAI = ELA / (ELA + ELI)$$

$$PAC = ELA / (ELA + EC)$$

$$PAV = ELA / (ELA + ELH)$$

$$IFU = PAI + PAC$$

Onde, ELA - Espaço Livre Arborizado, resultante da classe Copa de Árvores; ELI - Espaço Livre Impermeável e resultante da classe Asfalto; EC - Espaço Construído, resultante da combinação das classes Telha Clara, Telha Cerâmica, Telha Escura, Telha Cinza; e ELH - Espaço Livre Herbáceo, resultante de todo espaço com gramíneas e outras herbáceas, chamado aqui de relvado.

ANÁLISE DA COBERTURA ARBÓREA VIÁRIA

A partir da imagem temática obtida na classificação supervisionada, realizou-se a análise visual da arborização e a obtenção de dados de cobertura do solo de todas as ruas do bairro Vila Monteiro. Para isso, utilizou-se um software livre de sistema de informação geográfica, o QGIS versão 3.12.

Dados de cobertura do solo

Para a obtenção de dados da cobertura do solo, utilizou-se um recorte de cada rua, de modo que apenas a área da rua e calçada fosse analisada. Para isso, todas as ruas foram cortadas individualmente, e com a ferramenta *Landcover analysis*, obteve-se os dados de área (m²) e proporção de cada classe. Desse modo, o foco da análise foi a cobertura arbórea presente apenas nas vias do bairro.

Avaliação visual

O software permite a visualização das ruas do bairro no *Google Street View*, com isso, foi possível analisar visualmente de forma remota a arborização de cada rua. Nessa etapa, avaliou-se a necessidade de substituição de árvores, devido a problemas observados, como por exemplo, a retirada de espécies arbustivas, de indivíduos com raízes obstruindo a calçada e indivíduos mal posicionados. Avaliou-se também a necessidade de novos plantios em áreas sem nenhuma espécie, levando em consideração as recomendações quanto a espaçamento apontadas por Pradella, Silva e Nisi (2015),

DOI: 10.33947/1981-741X-v20n2-4831

AVALIAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO DA FLORESTA URBANA DO BAIRRO VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP
Thaís Akemi Sillmann, Giovanna Maria da Silva, Matheus Felipe Maranhão Matos Alves dos Santos, Demóstenes Ferreira da Silva Filho

observou-se a presença de guias rebaixadas, proximidade com esquinas, conflito com postes, sinalização de trânsito entre outros requisitos.

A partir da identificação de uma necessidade de substituição ou de plantio, a exata localização foi marcada no mapa temático, criando-se uma referência geográfica. Após todos os pontos serem marcados, obtiveram-se os dados da quantidade de plantas que deverão ser plantadas e substituídas em cada rua.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA (CS) DO BAIRRO

A estatística Kappa de 95,8% e os valores de exatidão obtidos mostram que a classificação representa uma boa aproximação com a realidade, já que todos os valores são maiores que 80%, ou seja, pode ser descrita como excelente (Tabela 1). A classe copa de árvore e relvado obtiveram juntas uma proporção de 14, 91% e área de 127880 m², ou seja, 20 m² por habitante, abaixo do mínimo recomendado de 25 m² por habitante (PRADELLA; SILVA; NISI, 2015).

Com relação aos índices de proporcionalidades encontrados, os valores de PAI (0,51), proporção entre o espaço livre arborizado e o espaço livre impermeável, e PAC (0,21), relação entre a área arborizada e a área construída, foram semelhantes aos resultados obtidos por Silva Filho et al. (2005), para outros bairros de Piracicaba, porém inferiores aos valores observado por Reis et al. (2017) para o município de Arinos, MG (com 0,79 de PAI e 0,44 de PAC). O máximo desempenho nesses índices é 1, para PAI, valores próximos a 1 representam alta cobertura dos espaços livres impermeáveis pela arborização, já para PAC esse valor considera os espaços construídos ou não livres, que não podem ser arborizados, sendo a maior proporção deles aspecto negativo para a floresta urbana. Considera-se então que o bairro possui boa cobertura arbórea nos espaços livres impermeáveis e baixa proporção de espaços livres que não podem ser arborizados.

Já o valor de PAV encontrado foi alto (0,72), tendo, assim como PAI e PAC, o máximo valor 1, considera-se que no bairro Vila Monteiro, a maior parte da área com herbáceas e gramíneas é coberta por árvores e arbustos. O valor encontrado por Reis et al. (2017) de 0,39 mostra o potencial das áreas de relvado para gerar incrementos na floresta urbana desta cidade, diferente do observado no presente trabalho.

Por fim, o índice de floresta urbana (0,72) pode ser considerado bom se comparado com outros bairros de Piracicaba, como São Dimas (0,50) e Cidade Alta (0,45) (Silva Filho et al., 2005). Os valores desse índice podem variar de 0 a 2, sendo 2 o melhor desempenho obtido, em locais com porcentagem de vegetação considerada alta, como o Bairro Clube de Campo em Piracicaba, com 40,17%, e no município de Arinos, com 55%, os IFU's obtidos são mais elevados, com 1,1 e 1,23, respectivamente, o que pode ser considerado como satisfatório, ou seja, a floresta urbana cumpre seu papel ambiental (SILVA FILHO et al., 2005; REIS et al., 2017).

ANÁLISE DA COBERTURA ARBÓREA VIÁRIA

No total, foram avaliadas 41 áreas, entre ruas, avenidas e travessas, em que foi possível observar uma necessidade de plantio de 653 árvores e substituição de 133 indivíduos. Com relação a esses dados, se destacam a Tv. Olegário Mariano, R. Gastão Vidigal e R. Casimiro de Abreu com necessidade de plantio de mais de 30 árvores no perímetro da rua, e com relação a substituição destacam-se as ruas Dr. Coriolano Ferraz do Amaral e Dr. Luiz Faria Lima de L. Pinheiro, com 13 e 10 plantas respectivamente (Tabela 2).

Com relação a classe copa de árvore, foi possível verificar que todas as vias do bairro possuem baixa proporção de cobertura arbórea, sendo que mais da metade dessas vias (53,6%) apresentam uma condição de arborização crítica de menos de 10% de cobertura arbórea, ou seja, menos que 10% da área total viária é ocupada por vegetação arbórea, dessas, se destacam as ruas João Antônio Rugia e Severino Alberto Ferraz, com valores próximos a zero.

Com a análise visual de cada rua pelo Google Street View foi possível verificar que algumas ruas embora não alcançassem a proporção adequada de cobertura arbórea não possuíam espaço para o plantio de novas mudas, como é o caso das ruas Angelita Vieira Frank, Elpídio Godoi de Oliveira e General Osório e da travessa Cristóvão Donatz, que apresentam proporção de cobertura arbórea muito baixa e não possuem quantidades de plantio e substituições compatíveis com essa necessidade. Uma possível explicação para esse padrão é a forma com que os terrenos são utilizados, se observou uma grande quantidade de casas conjugadas, em que quase a totalidade da fachada do terreno é utilizada para garagem, o mesmo foi observado nas avenidas e ruas mais comerciais do bairro, que possuem quase a totalidade das fachadas como estacionamento, não sendo possível a incorporação de novas árvores. Porém, esse padrão é considerado uma exceção já que na maioria das ruas se verificou a possibilidade de novos plantios.

Por fim, ao analisar apenas as vias do bairro, pode-se dizer que a cobertura arbórea é insuficiente, já que 100% das vias possuem valores abaixo do adequado de arborização, conforme as recomendações de vegetação nas vias urbanas (PRADELLA; SILVA; NISI, 2015). Sendo assim, há uma grande necessidade de incentivar um planejamento de arborização para o bairro, a fim de mitigar os efeitos maléficos da falta de arborização urbana verificada.

CONCLUSÃO

A análise da cobertura vegetal do bairro Vila Monteiro, Piracicaba, SP, colabora com dados da qualidade da floresta urbana existente nas cidades brasileiras, contribuindo também com a coleta de informações úteis para o manejo e preservação das árvores, importante para a tomada de decisão do poder público, que agora conta com um mapa georreferenciado mostrando as principais ações necessárias em cada rua do bairro.

DOI: 10.33947/1981-741X-v20n2-4831

AVALIAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO DA FLORESTA URBANA DO BAIRRO VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP
Thaís Akemi Sillmann, Giovanna Maria da Silva, Matheus Felipe Maranhão Matos Alves dos Santos, Demóstenes Ferreira da Silva Filho

O bairro apresenta cobertura vegetal de 14,91% e área vegetada igual a 20 m² por habitante, abaixo do recomendado. O índice de floresta urbana obtido, 0,72, pode ser considerado bom se comparado com outros bairros de Piracicaba, porém não é satisfatório, pois a floresta urbana não cumpre plenamente seu papel ambiental, já que foi possível observar que a distribuição da arborização não é uniforme no bairro, pois algumas ruas contemplam maior quantidade de árvores, enquanto outras não possuem nenhum tipo de vegetação, seja arbórea e/ou rasteira. Além disso, foram avaliadas 41 ruas, avenidas e travessas, em que foi possível observar necessidade de plantio de 653 árvores e substituição de 133 indivíduos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Y. R. V. et al. Urban forest evaluation of João Pessoa city, Paraíba, Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 121, p. 71–82, 2019.

BACELAR, W. J. L. et al. Quanti-qualitative inventory of urban afforestation in the city of monte Alegre, Pará, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1019–1031, 2020.

DAUNT, A. B. P.; SILVA, T. S. F. Beyond the park and city dichotomy: Land use and land cover change in the northern coast of São Paulo (Brazil). **Landscape and Urban Planning**, v. 189, p. 352–361, 2019.

HAN, A. R.; PARK, S. A.; AHN, B. E. Reduced stress and improved physical functional ability in elderly with mental health problems following a horticultural therapy program. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 38, p. 19–23, 2018.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

_____. **Estimativas da população residente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/piracicaba/panorama>. Acesso em: 20 maio 2020.

JUNTTI, M.; COSTA, H.; NASCIMENTO, N. Urban environmental quality and wellbeing in the context of incomplete urbanisation in Brazil: Integrating directly experienced ecosystem services into planning. **Progress in Planning**, v. 143, p. 100433, 2021.

KOTHENCZ, G.; BLASCHKE, T. Urban parks: Visitors' perceptions versus spatial indicators. **Land Use Policy**, v. 64, p. 233–244, 2017.

PEREIRA, L. C.; COUTO, H. T. Z. D. Comparação entre processos de mapeamento da cobertura do solo urbano com ênfase na cobertura arbórea. Comparing mapping processes of urban land cover with emphasis in tree cover. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, 2020.

PRADELLA, D. Z. A.; SILVA, J. W. F.; NISI, T. C. C. **Arborização Urbana**. 1. ed. São Paulo: SMA/CEA, 2015, 200p.

DOI: 10.33947/1981-741X-v20n2-4831

AVALIAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO DA FLORESTA URBANA DO BAIRRO VILA MONTEIRO, PIRACICABA, SP
Thaís Akemi Sillmann, Giovanna Maria da Silva, Matheus Felipe Maranhão Matos Alves dos Santos, Demóstenes Ferreira da Silva Filho

REIS, D. S. et al. O Uso de imagem de satélite na avaliação de indicadores de floresta urbana da cidade de Arinos, MG. **REVSBAU**, v.12, n.2, p. 01-15, 2017.

ROLLO, L. C. P. **Metodologias de quantificação de áreas verdes urbanas**: mapeamento da cobertura arbórea e inventário florestal de árvores de rua em cidades do Estado de São Paulo. Piracicaba, 2014. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2014.

SILVA FILHO, D. F. et al. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 88–100, 2005.

WELLMANN, T. et al. Remote sensing in urban planning: Contributions towards ecologically sound policies? **Landscape and Urban Planning**, v. 204, 2020.

ZHU, Z. et al. Understanding an urbanizing planet: Strategic directions for remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 228, p. 164–182, 2019.