



Volumen
13

Número
4

*Autor(a) correspondiente
felipeamaral@igeo.ufrj.br

Envío 22 nov 2025

Aceptación 13 ene 2026

Publicación 05 feb 2026

¿Cómo citar?

AMARAL, F. G. et al.
Sistemas verdes urbanos en Rio de Janeiro: nuevas perspectivas a partir de enfoques multisensor y análisis a microescala.

Colección Estudos

Cariocas, v. 13, n. 4, 2026.
DOI: 10.71256/19847203.13.4.200.2025.

El artículo fue originalmente enviado en PORTUGUÉS. Las traducciones a otros idiomas fueron revisadas y validadas por los autores y el equipo editorial. Sin embargo, para una representación más precisa del tema tratado, se recomienda que los lectores consulten el artículo en su idioma original.



Sistemas verdes urbanos en Río de Janeiro: nuevas perspectivas a partir de enfoques multisensor y análisis a microescala

Urban green infrastructures in Rio de Janeiro: new perspectives from multisensor approaches and micro-scale analysis

Sistemas verdes urbanos no Rio de Janeiro: novas perspectivas a partir de multissensores e análise em microescala

Felipe Gonçalves Amaral¹, Evelyn de Castro Porto Costa², Patricia Luana Costa Araújo³, Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira⁴, Amanda Lago de Souza Lugon⁵, Mayara do Nascimento Ramos⁶, João Victor Ladeira Silva⁷, João Victor da Silva dos Santos⁸, Rafael Ferreira Rodrigues Teixeira⁹, Laura da Silva Bianchini¹⁰, Matheus Augusto de Souza¹¹ e Carla Bernadete Madureira Cruz¹²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0000-0003-0183-8430, felipeamaral@igeo.ufrj.br

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rua Arlindo Gomes da Costa, s/n - Jardim Flamboyant, Cabo Frio - RJ, ORCID 0000-0001-7648-6949, evelyncastroporto@gmail.com

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0000-0002-0604-4887, patriciafurcara@uol.com.br

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0000-0001-6493-3334, steffimunique@gmail.com

⁵ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0009-0004-6735-664X, amanda.lagolugon@gmail.com

⁶ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0009-0007-8445-9642, mayara.igeo@gmail.com

⁷ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0000-0002-8293-9016, ladeiral.joao@gmail.com

⁸ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0009-0004-7331-9175, joao.victor10632@gmail.com

⁹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0009-0006-0998-2145, rafaelteixeira@gmail.com

¹⁰ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0009-0009-0112-9715, laurasbianchini@gmail.com

¹¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0009-0009-9759-6691, mataugusto1999@gmail.com

¹² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-916, ORCID: 0000-0002-3903-3147, carlamad@gmail.com

Resumen

Este artículo analiza la importancia de los mapeos de alta resolución espacial en la evaluación de los Sistemas Verdes Urbanos (SVU) en la ciudad de Río de Janeiro, destacando la influencia de la escala en la identificación y caracterización de la vegetación intraurbana. Los estudios basados en resoluciones espaciales más gruesas tienden a generalizar e invisibilizar fragmentos verdes relevantes, como el arbolado urbano, pequeños parques y jardines privados. En contraste, los enfoques de microescala, apoyados en datos de muy alta resolución espacial y técnicas multisensor, permiten mayor detalle y precisión temática, contribuyendo a diagnósticos más confiables y al apoyo de políticas públicas y planificación urbana.

Palabras clave: sistemas verdes urbanos, microescala, planificación urbana, teledetección

Abstract

This article examines the importance of high spatial resolution mapping in the assessment of Urban Green Systems (UGSs) in Rio de Janeiro, emphasizing the influence of scale on the identification and characterization of intra-urban vegetation. Studies based on coarser spatial resolutions tend to generalize and overlook relevant green fragments, such as street trees, small parks, and private gardens. In contrast, microscale approaches supported by very high spatial resolution data and multisensor techniques provide greater thematic detail and accuracy, enabling more precise diagnostics and supporting evidence-based urban planning actions and public policies.

Keywords: urban green infrastructures, microscale, urban planning, remote sensing

Resumo

Este artigo analisa a importância dos mapeamentos de alta resolução espacial na avaliação dos Sistemas Verdes Urbanos (SVUs) no Rio de Janeiro, destacando a influência da escala na identificação e caracterização da vegetação intraurbana. Estudos baseados em resoluções espaciais mais grossas tendem a generalizar e ocultar fragmentos verdes relevantes, como arborização viária, pequenos parques e jardins privados. Em contraste, abordagens em microescala, apoiadas por dados de altíssima resolução e técnicas multissensores, permitem maior detalhamento e acurácia temática, contribuindo para diagnósticos mais precisos e para o embasamento de políticas públicas e ações de planejamento urbano.

Palavras-chave: sistemas verdes urbanos, microescala, planejamento urbano, sensoriamento remoto.

1 Sistemas verdes urbanos y su arreglo espacial en la ciudad de Río de Janeiro

Las ciudades están constituidas por diversos elementos que, cuando se articulan, confieren formas, funciones e identidades específicas a los paisajes urbanos. Entre estos elementos, el verde urbano se destaca como una variable esencial en la estructura de las ciudades alrededor del mundo. Según Nucci (2001), los elementos verdes son de extrema relevancia y se han vuelto cada vez más importantes en los sistemas urbanos. Como la única infraestructura viva de la ciudad, los espacios verdes resultan de la interacción entre factores naturales y humanos (Douglas, 2012; Yang *et al.*, 2014).

Estos espacios desempeñan un papel fundamental en la mejora de las condiciones ambientales urbanas y en el equilibrio ecológico de los territorios (Chen; Lang; Li, 2019; Mabon; Shih, 2018). Al mismo tiempo, constituyen importantes símbolos del entorno urbano, reflejando patrones de vida, formas de apropiación del espacio y desigualdades socioespaciales (Gómez *et al.*, 2010; Kabisch; Qureshi; Haase, 2015; Theano; Tsitsoni, 2011).

En el contexto urbano, el verde se manifiesta, en general, en dos grandes modalidades. La primera se refiere a los sistemas de espacios abiertos, organizados en manchas de diferentes tamaños y con predominio de vegetación. Son espacios libres cuyo elemento central es el verde, que cumplen objetivos ecológicos, estéticos y recreativos, como parques, jardines, cementerios, alamedas y bosques (Cavalheiro *et al.*, 1999; Nucci, 2001). La segunda modalidad se refiere a las estructuras vegetales de porte arbóreo distribuidas por la trama urbana, como árboles en aceras, parterres, separadores viales, áreas institucionales y patios privados. En ambientes altamente antropizados, estos árboles contribuyen a estabilizar el microclima, reducir la contaminación atmosférica y sonora, cualificar el paisaje urbano y promover la salud y el bienestar, generando beneficios sociales, económicos y políticos (Lima *et al.*, 1994) (Figura 1).



Figura 1: Organigrama de los Sistemas Verdes Urbanos. A la izquierda, los sistemas verdes naturalizados. A la derecha, sistemas verdes intraurbanos fragmentados.

Fuente: Autores (2025)

En el contexto urbano, los espacios verdes asumen configuraciones diversas que influyen directamente en sus funciones ecológicas y sociales. Según lo discutido en la literatura, es posible distinguir áreas verdes formales, planificadas y reguladas, como parques, plazas, jardines y bosques urbanos (Cavalheiro *et al.*, 1999; Nucci, 2001; Konijnendijk *et al.*, 2006), y áreas verdes informales o espontáneas, asociadas a terrenos vacíos, laderas, márgenes de ríos y procesos de regeneración natural (Qureshi *et al.*, 2010). Además de estas categorías, se incluyen los espacios vegetados privados, como patios residenciales y jardines particulares, que, aunque fragmentados y frecuentemente invisibilizados en la planificación tradicional, representan una porción significativa del stock de vegetación en ciudades densamente construidas (Goddard; Benton; Dougill, 2010).

Los Sistemas Verdes Urbanos (SVU), también denominados en inglés como Urban Green Infrastructures (UGI), pueden definirse como una red estratégicamente planificada de áreas naturales y seminaturales en las ciudades (Silveira *et al.*, 2024; Cohen-Shacham *et al.*, 2016). Cabe destacar que el concepto de la naturaleza como infraestructura verde no se limita a áreas verdes o espacios abiertos; se trata de un enfoque multifuncional que concilia la conservación y protección de los recursos naturales con el desarrollo urbano y la planificación de la infraestructura humana (Madalena; Silva, 2021). Este sistema, que promueve una red conectada de espacios para la realización de actividades urbanas y la convivencia de las personas con la naturaleza, está constituido por grandes áreas que anclan el sistema, corredores de conexión entre los ecosistemas y fragmentos del paisaje que pueden o no estar conectados (Benedict; McMahon, 2006; Han; Keeffe, 2020; Harris *et al.*, 2019).

La relevancia de los SVU se vuelve central en los debates contemporáneos sobre clima y biodiversidad, especialmente ante la creciente responsabilidad de las ciudades en los esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático global. Los espacios verdes contribuyen a la regulación del microclima, reduciendo las temperaturas mediante el sombreado y la evapotranspiración (Dobbs; Escobedo; Zipperer, 2011; Oke *et al.*, 2017), además de actuar en la reducción de vulnerabilidades socioambientales, mitigando problemas como la contaminación del aire, las inundaciones y el estrés térmico (Akbari; Pomerantz; Taha, 2001; Bolund; Hunhammar, 1999; Luederitz *et al.*, 2015; Locke; McPhearson, 2018). Así, parques, plazas, jardines, arbolado vial y áreas vegetadas privadas son elementos fundamentales para el equilibrio ambiental y social de las ciudades, influyendo directamente en la calidad de vida y en los debates sobre justicia ambiental (Herculano, 2008).

La ciudad de Río de Janeiro presenta una configuración físico-ambiental singular, resultado de la interacción entre un relieve accidentado, una extensa franja costera, grandes macizos forestales y áreas urbanas densamente ocupadas. Esta estructura territorial se organiza a partir de tres grandes conjuntos orográficos que modelan el paisaje carioca: el Macizo de Tijuca, el Macizo de Pedra Branca y la Sierra de Mendenha, donde se localizan, respectivamente, el Parque Nacional de Tijuca, el Parque Estatal de Pedra Branca y el Parque Natural Municipal de la Sierra de Mendenha (Figura 2).

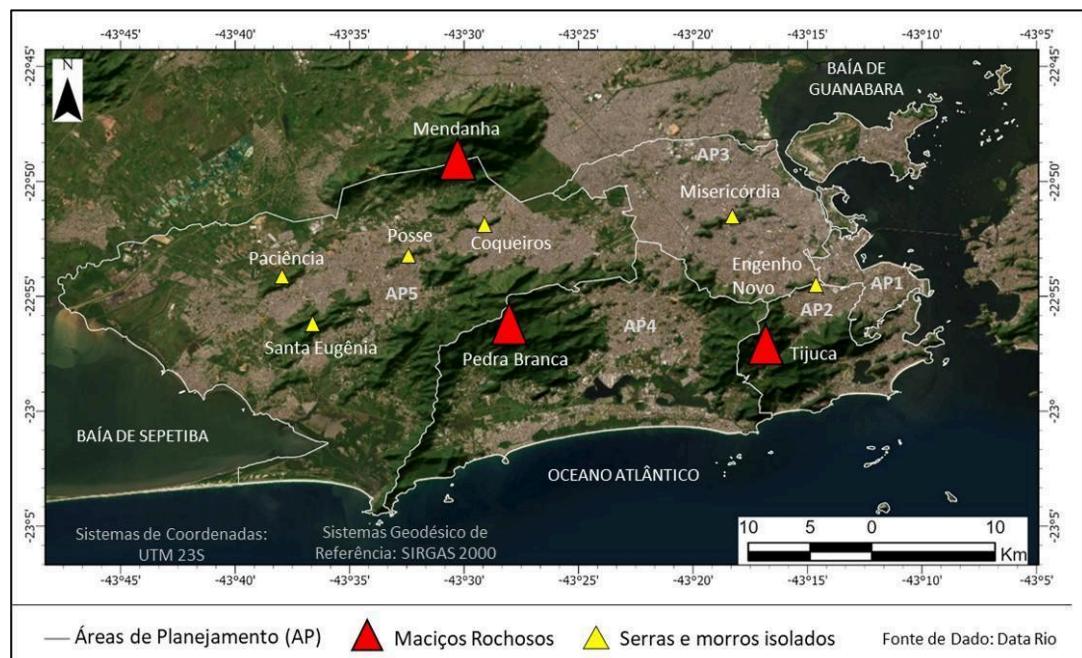


Figura 2: Arreglo espacial de los grandes y pequeños macizos verdes de la ciudad de Río de Janeiro
Fonte: Autores (2025)

Además de estos macizos, la ciudad alberga formaciones menores, frecuentemente denominadas morros, pero que se configuran como pequeñas sierras, como la Sierra del Engenho Novo, situada entre las Áreas de Planificación (AP) 2 y 3, y la Sierra de la Misericordia, que ha ganado destaque en los medios debido a cuestiones relacionadas con la seguridad pública. Las seis pequeñas sierras que componen el arreglo orográfico de la capital fluminense, a diferencia de los grandes macizos, no cuentan con instrumentos robustos de protección ambiental. La ausencia de planificación y de medidas legales específicas vuelve a estas áreas particularmente vulnerables a la expansión urbana desordenada y a diversos procesos de degradación (Guia, 2013; Araújo *et al.*, 2019).

El arreglo espacial de los Sistemas Verdes Urbanos (SVU) en Río de Janeiro evidencia una marcada asimetría territorial entre regiones con alta concentración de vegetación y áreas densamente urbanizadas, especialmente en la Zona Norte y la Zona Oeste, donde la presencia de verde intraurbano tiende a restringirse a pequeños fragmentos, plazas, parterres viales y jardines privados. En esta configuración, el papel desempeñado por los distintos tipos de espacios verdes varía significativamente entre las diferentes porciones de la ciudad. Las grandes unidades de conservación garantizan la preservación de bosques urbanos continuos y la provisión de servicios ecosistémicos a escala metropolitana, como la regulación climática y la protección de los recursos hídricos. Los pequeños fragmentos vegetados y el arbolado vial, por su parte, asumen una importancia estratégica a nivel local, especialmente en áreas densamente edificadas, funcionando como elementos esenciales de conectividad y microrregulación ambiental (Figura 3).



Figura 3: Diversidad de Sistemas Verdes Urbanos en la Ciudad de Río de Janeiro.
 (a) Vista Chinesa – Parque Nacional de Tijuca; (b) Calle Grajaú – Zona Norte; (c) Plaza Saens Peña – Zona Norte; (d) Escuela Municipal Francisco Campos – Zona Norte.

Fuente: VisitRio, Autores, Ruas Cariocas y Google Street View.

La Figura 3a, correspondiente a la Vista Chinesa en el Parque Nacional de Tijuca, ilustra un sistema verde naturalizado de gran porte, cuya función trasciende el ocio, contribuyendo a la regulación microclimática, la conservación de la biodiversidad y la conectividad ecológica. La Figura 3b, en la Calle Grajaú, ejemplifica el arbolado vial en un entorno densamente urbanizado, destacando el papel de los árboles urbanos en la mejora del confort térmico, la calidad del aire y la humanización de los paisajes urbanos. La Figura 3c, referente a la Plaza Saens Peña, representa un espacio verde formal, organizado y planificado, inserto en un área de centralidad, reforzando la función social y recreativa de estos espacios en la vida urbana cotidiana. Finalmente, la Figura 3d, de la Escuela Municipal Francisco Campos, evidencia la presencia de vegetación intra-manzana, importante para ampliar la permeabilidad, reducir las islas de calor y diversificar los elementos verdes del tejido urbano. En conjunto, las imágenes ilustran la amplitud y heterogeneidad de los SVU, mostrando cómo diferentes formas de vegetación se integran al espacio urbano y desempeñan funciones ambientales, sociales y paisajísticas distintas.

La respuesta a preguntas aparentemente simples — cuánto verde hay en la ciudad, dónde se localiza, en qué condiciones se encuentra y si su distribución es equitativa — depende de un componente central: el mapeo y, de manera inseparable, la escala de dicho mapeo. La mayor parte de los diagnósticos, zonificaciones y análisis de impacto de la vegetación en los entornos urbanos se ha concentrado en grandes parques o unidades de conservación, utilizando escalas espaciales relativamente amplias (Aram *et al.*, 2019; Cao *et al.*, 2010; Derkzen; Teeffelen; Verburg, 2015). Este enfoque, aunque relevante, tiende a generalizar los resultados, invisibilizando muchas veces especificidades locales presentes en pequeños parques, plazas, aceras arboladas, jardines privados y fragmentos vegetados dispersos.

Tradicionalmente, muchos estudios urbanos se desarrollan a partir de análisis realizados a escalas espaciales amplias, adecuadas para la evaluación de tendencias regionales y el monitoreo de grandes manchas de vegetación. Aunque útiles, estos enfoques presentan limitaciones cuando se busca comprender procesos que se manifiestan en escalas geográficas menores, como la manzana, la calle o el lote, donde se expresa la experiencia cotidiana de la población. En este sentido, resultan esenciales diagnósticos capaces de representar con mayor precisión la configuración y la calidad de las áreas verdes intraurbanas.

En el municipio de Río de Janeiro, marcado por una fuerte diversidad de formas de urbanización y por diferentes arreglos institucionales, la producción de análisis detallados y metodológicamente consistentes es fundamental para sustentar políticas públicas y orientar acciones de gestión. La elección de la escala analítica, por lo tanto, deja de ser únicamente una decisión cartográfica y asume un carácter político (Castro, 2014), en el cual escalas geográficas muy grandes pueden reforzar invisibilidades y desigualdades, mientras que enfoques en escalas geográficas menores permiten identificar déficits, vulnerabilidades y oportunidades de intervención.

Es en este contexto que se destaca el concepto de microescala, entendido aquí como el nivel de observación y representación (escalas geográficas muy pequeñas y escalas cartográficas muy grandes) que se aproxima a la materialidad del espacio vivido, como la manzana, la calle, el lote y el árbol individual. En esta escala se vuelven visibles procesos frecuentemente ocultos en análisis más agregados, tales como: la permeabilidad real del suelo en aceras, patios y pequeños espacios libres; el sombreado efectivo de calles, plazas y fachadas; el impacto térmico de diferentes arreglos de vegetación y materiales de superficie; y la conectividad funcional entre pequeños fragmentos, jardines privados y árboles aislados.

Este tipo de diagnósticos habilita aplicaciones prácticas, como inventarios arbóreos precisos, modelización del confort térmico, identificación de áreas prioritarias para la arborización, planificación de corredores verdes y evaluación de la contribución de los jardines privados en la mitigación de las islas de calor. Al mismo tiempo,

refuerzan los debates sobre justicia ambiental y microclimas urbanos, al evidenciar desigualdades en la distribución de los beneficios ecológicos del verde.

De este modo, la microescala no es solo una alternativa metodológica, sino un enfoque analítico y político capaz de acercar la planificación urbana a las condiciones reales de vida en las ciudades, posibilitando decisiones públicas más precisas, inclusivas y territorializadas.

Así, el objetivo de este artículo es demostrar el potencial analítico y aplicado del uso de datos de altísima resolución espacial y enfoques multisensor para el análisis en microescala de los sistemas verdes urbanos en el municipio de Río de Janeiro, discutiendo cómo estos diagnósticos pueden subsidiar la planificación urbano-ambiental.

2 Resolución, escala y multisensores: límites del “ver” y nuevas posibilidades

Como se discutió anteriormente, comprender el verde urbano a partir de diagnósticos confiables requiere cartografías capaces de representar los objetivos con un nivel de detalle adecuado. Este es uno de los principales desafíos: ¿cuál es la escala apropiada? ¿Y qué datos deben utilizarse?

En este contexto, el avance de las geotecnologías, especialmente en el campo de la teledetección, ha transformado profundamente la forma en que observamos, analizamos e interpretamos las infraestructuras verdes en el espacio urbano. La teledetección se refiere al conjunto de sensores, equipos y procesos utilizados para comprender fenómenos a partir del registro y análisis de las interacciones entre la radiación electromagnética y los materiales que componen la superficie terrestre (Novo, 2010). La adquisición de estos datos varía según el nivel de observación, pudiendo ser terrestre, aérea (o suborbital) u orbital. En cuanto al tipo de producto generado, los sensores pueden clasificarse en imanadores y no imanadores. Los primeros producen registros derivados de la respuesta espectral de la superficie observada, resultando en imágenes susceptibles de interpretación y análisis. Los segundos, por su parte, no generan imágenes, sino mediciones o señales que describen propiedades espaciales y geométricas del objetivo.

Los sensores imanadores generan como producto una imagen digital compuesta por píxeles. Estas imágenes presentan características asociadas a sus distintas resoluciones, las cuales también se utilizan para clasificar los sensores. Según Novo (2011), la resolución espacial está asociada al tamaño del píxel y a la capacidad de “ver” detalles en la superficie terrestre; la resolución espectral se refiere a la capacidad del sensor para registrar respuestas de energía en diferentes intervalos de longitud de onda; la resolución radiométrica corresponde a la capacidad del sistema sensor para registrar valores de reflectancia o emitancia en distintos niveles de gris; mientras que la resolución temporal se refiere al tiempo de revisita del satélite (o de una constelación de satélites sobre un mismo punto).

Todas las resoluciones de imagen son importantes en investigaciones que analizan la superficie terrestre. Entre ellas, la resolución espacial destaca por estar estrechamente relacionada con la escala de representación y con el nivel de detalle obtenido en una imagen, permitiendo observar, medir y comprender fenómenos en escalas geográficas menores que requieren mayor precisión. Sin embargo, la capacidad de “ver” el espacio depende directamente de las decisiones sobre la escala de análisis y representación, incluyendo las diferentes resoluciones espaciales disponibles a partir de múltiples sensores. Estas decisiones metodológicas influyen en qué elementos se vuelven visibles o invisibles durante el proceso de investigación. Por lo tanto, comprender la relación entre escala, resolución y selección de datos es fundamental para producir diagnósticos precisos y alineados con las preguntas que se desean responder.

La Figura 4 ilustra de manera comparativa el efecto de la resolución espacial en la capacidad de identificación de elementos verdes intraurbanos, demostrando cuán

cruciales son estas elecciones. Las imágenes muestran el mismo lugar observado en tres niveles distintos de detalle: alta resolución (tamaño de píxel de aproximadamente 15 cm), resolución intermedia (tamaño de píxel de aproximadamente 3 m) y resolución media (tamaño de píxel de aproximadamente 10 m). En alta resolución, es posible distinguir claramente árboles individuales, copas, parterres y pequeñas áreas verdes insertas en la trama urbana, lo que permite análisis precisos de distribución, conectividad y funcionalidad ecológica a escala de calle y manzana. A medida que la resolución disminuye, estos elementos se vuelven progresivamente indistintos, dando lugar a una generalización espacial y a la pérdida de información relevante para los diagnósticos urbanos. Pequeñas plazas, arbolado viario y jardines privados, claramente visibles en resoluciones submétricas, desaparecen como entidades identificables en la resolución intermedia y se reducen a unos pocos píxeles en la resolución de 10 m.

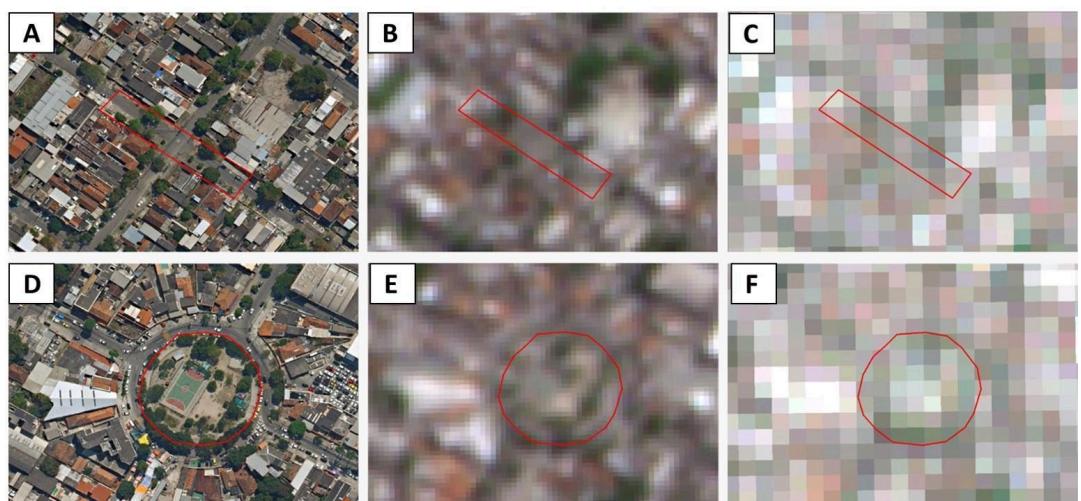


Figura 4: Cambios en las resoluciones espaciales en la identificación, delimitación y clasificación de sistemas verdes urbanos en la Región Administrativa de Penha: (a) y (d) imágenes de ortofotos (resolución espacial de 0,15 m); (b) y (e) imágenes Planet (resolución espacial de 3,7 m); (c) y (f) imágenes Sentinel (resolución espacial de 10 m).

Fuente: adaptado de Teixeira (2025).

La Figura 4 evidencia cómo la variación de la resolución espacial influye directamente en la capacidad de detectar, delimitar y clasificar los Sistemas Verdes Urbanos (SVU) en la Región Administrativa de Penha. A medida que la resolución espacial se vuelve más gruesa, se produce una pérdida progresiva de detalle, lo que reduce la precisión en la identificación de elementos vegetados más pequeños, fragmentados o insertos en una trama urbana más densa. Mientras que las imágenes de muy alta resolución permiten reconocer formas, límites y estructuras internas de los SVU con mayor fidelidad, las imágenes de resolución media y baja tienden a generalizar patrones, simplificar rasgos y, en algunos casos, agrupar distintos tipos de cobertura en una misma clase. Esta comparación resalta la importancia de elegir una resolución adecuada al objetivo del mapeo.

Este argumento se vuelve aún más evidente en Teixeira (2025), quien demuestra cómo los cambios en la resolución espacial alteran significativamente la capacidad de identificar, delimitar y clasificar diferentes sistemas verdes urbanos. Así, resoluciones de pocos metros o submétricas (inferiores a 1 m) se vuelven esenciales para la representación adecuada de elementos como árboles aislados, copas, sombreado efectivo y pequeños espacios verdes insertos en la trama construida, los cuales permanecen invisibilizados cuando se analizan con resoluciones más amplias.

En este sentido, reconocer las características de los datos es decisivo para producir diagnósticos más precisos de la cobertura verde intraurbana. La resolución espacial

deja de ser solo un atributo técnico y pasa a constituir un elemento estratégico y político en la formulación de las preguntas de investigación.

Es importante destacar que los sensores presentados pertenecen a categorías distintas y, por lo tanto, generan tipos de datos diferentes, lo que implica también formas distintas de definir la resolución espacial. En sensores imagenadores, como cámaras embarcadas en drones o sensores ópticos orbitales, la resolución espacial está directamente asociada al tamaño del píxel en el terreno, un concepto ampliamente discutido por Novo (2010). En sensores no imagenadores, como el LiDAR, el nivel de detalle del dato se asocia a la densidad de puntos obtenida durante el escaneo, generalmente medida en puntos por metro cuadrado. Este enfoque está consolidado en la literatura clásica sobre escaneo láser, especialmente en los trabajos de Wehr y Lohr (1999) y Baltsavias (1999), que detallan cómo la estructura tridimensional de la nube de puntos depende directamente de la tasa de muestreo espacial del sensor.

De este modo, es esencial destacar que los productos de estos sensores no son imágenes listas para su uso, sino estructuras de datos que requieren etapas adicionales de procesamiento para convertirse en representaciones espaciales comparables a las imágenes convencionales. Este es el caso del LiDAR (Light Detection and Ranging), cuyas mediciones se proporcionan originalmente en forma de nubes de puntos que deben ser clasificadas, interpoladas y modeladas para generar productos derivados, como Modelos Digitales de Elevación (MDE) o superficies raster. Solo después de esta conversión es posible asociarlos a una imagen digital con resolución espacial definida, es decir, con un tamaño de píxel establecido.

Comprender la naturaleza de los datos producidos por cada sensor es, por lo tanto, fundamental para interpretar correctamente sus productos y capacidades de representación del espacio. En las últimas décadas, el desarrollo de plataformas orbitales y aerotransportadas ha ampliado significativamente el conjunto de datos disponibles. Imágenes de muy alta resolución, ortofotos aerofotogramétricas, así como sistemas LiDAR, drones y tecnologías de mobile mapping, permiten actualmente alcanzar resoluciones del orden de 10 a 20 cm, con un alto nivel de detalle espectral, geométrico y altimétrico. Este nivel de precisión viabiliza aplicaciones como la identificación de árboles individuales y sus copas; la medición del sombreado efectivo a escala de calle; la diferenciación de tipologías vegetales (arbórea, arbustiva y herbácea); la delimitación de jardines privados, parterres e intersticios urbanos; y la extracción de información tridimensional de la vegetación y de la forma urbana. Con los avances tecnológicos, estos análisis son cada vez más viables.

El uso del LiDAR es un claro ejemplo de ello. Esta tecnología permite la adquisición de información tridimensional de alta precisión sobre la superficie terrestre mediante la emisión y retorno de pulsos láser. A partir de estos retornos, es posible generar Modelos Digitales del Terreno (MDT) y Modelos Digitales de Superficie (MDS). Cabe destacar que diferentes métodos de clasificación, filtrado e interpolación pueden emplearse en el procesamiento de datos LiDAR para la elaboración de estos modelos. Por ejemplo, la obtención de un MDT a partir de datos LiDAR requiere la clasificación de los puntos correspondientes a objetos situados por encima del terreno para excluirlos virtualmente del MDS inicial (Pacheco, 2011).

La Figura 5 ilustra la diferencia conceptual entre el MDS y el MDT, destacando su relevancia para los análisis tridimensionales en entornos urbanos. El MDS representa la elevación de la superficie incluyendo todos los elementos existentes — edificaciones, árboles y otros objetos — correspondiendo generalmente al primer retorno captado por las plataformas de adquisición. El MDT, en cambio, representa únicamente el relieve, después de la filtración de estos objetos, reflejando la cota del terreno natural. La sustracción entre ambos (MDS – MDT) da lugar al Modelo Digital de Alturas o, en estudios de vegetación, al Modelo Digital de Copas (MDC), que permite estimar la altura real de las entidades, como las copas arbóreas. Este

producto es fundamental para aplicaciones a microescala, como la modelización del sombreado, el cálculo de volumen y biomasa vegetal, la evaluación de la interacción vertical entre el tejido construido y la estructura arbórea, y el análisis de la estratificación de los sistemas verdes (árboles, césped y arbustos, por ejemplo).

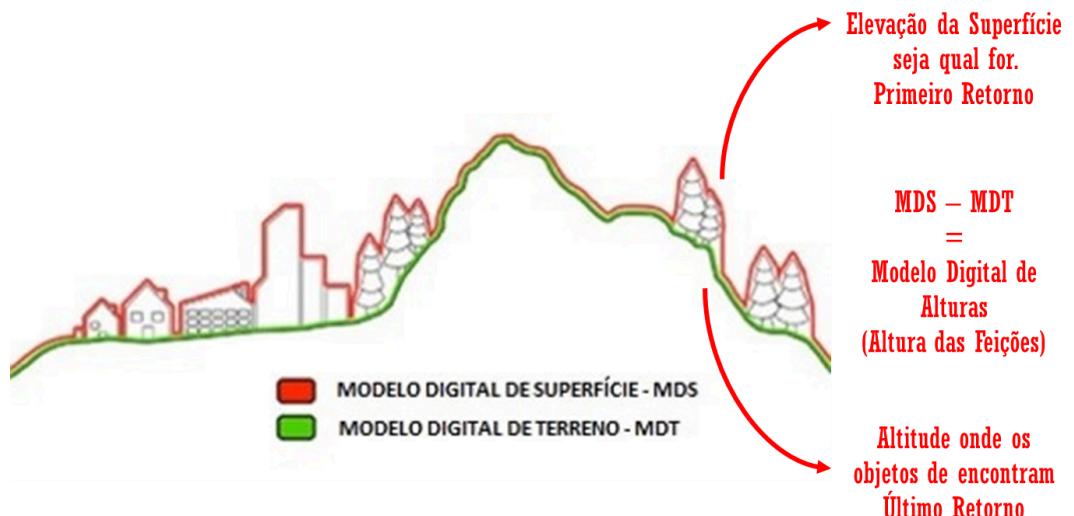


Figura 5: Modelo Digital de Superficie (MDS), Modelo Digital del Terreno (MDT) y su diferencia, dando origen a Modelos Digitales de Alturas en un entorno urbano.

Fuente: adaptado de CPE Tecnología

De este modo, la integración de diferentes fuentes de datos, conocida como enfoque multisensor, se ha consolidado como una estrategia clave para minimizar incertidumbres y ampliar las posibilidades analíticas. La combinación de datos ópticos, tridimensionales y térmicos permite modelar el sombreado en distintos horarios, estimar la estructura vertical de la vegetación, evaluar la formación de islas de calor y calcular atributos como la altura de copa, la biomasa, la permeabilidad y la conectividad ecológica. Si bien este enfoque exige rigor metodológico, planificación y validación continua, amplía de manera significativa el potencial interpretativo de los productos de teledetección.

En síntesis, no existe un sensor universalmente ideal. La elección de los datos más adecuados depende del tamaño del objetivo, del propósito del estudio y del tipo de decisión que se desea respaldar. Para diagnósticos a microescala, los datos de muy alta resolución espacial y los enfoques multisensor se convierten en herramientas privilegiadas, capaces de aproximar los mapas a la realidad cotidiana vivida en las calles, plazas y patios de la ciudad.

Es importante reconocer, sin embargo, que el acceso a datos de muy alta resolución espacial aún no está democratizado. Los altos costos, las limitaciones temporales y las barreras institucionales restringen su uso sistemático, especialmente en municipios con menores recursos técnicos y financieros. Esto refuerza la necesidad de políticas públicas que consideren los datos espaciales como una infraestructura esencial para la planificación y la gestión urbana.

3 El verde de Río de Janeiro y la importancia de la microescala

La producción de mapas detallados de la vegetación urbana en Río de Janeiro es de extrema necesidad, principalmente al considerar el potencial analítico de los datos disponibles en la capital fluminense. La posibilidad de análisis multisensor se vuelve viable y multifacética en el municipio, teniendo en cuenta el extenso acervo temporal de ortofotos disponibles, que evolucionan hacia ortofotos en falso color con la presencia del infrarrojo cercano (NIR) en los vuelos más recientes (2019 y 2024), además de datos provenientes de nubes de puntos LiDAR, como MDS y MDT.

Cabe destacar que el Ayuntamiento de Río de Janeiro dispone en su base de datos de un mapeo de cobertura y uso del suelo correspondiente al año 2018, en el que es posible observar una leyenda amplia y bien detallada (DATA.RIO, 2025). Sin embargo, desde un análisis visual, se observa que el mapeo de la cobertura vegetal se centra en los mayores macizos de la ciudad y logra detallar algunas áreas de macizos menores, sin permitir aún la identificación de la vegetación intraurbana ni su detallado a microescala (Figura 6).

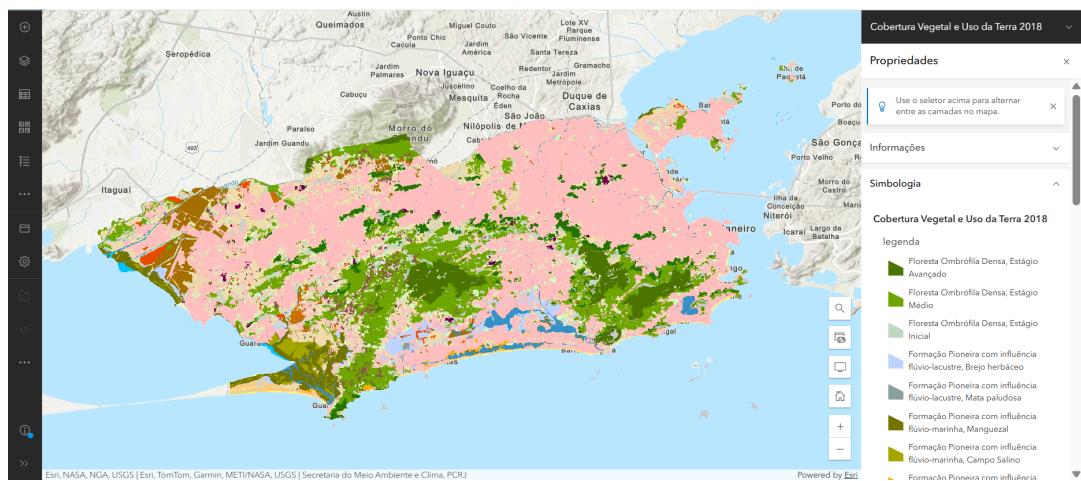


Figura 6: Cobertura y Uso del Suelo de la ciudad de Río de Janeiro, 2018.
Fuente: Data.Rio

Se observa que, ante la demanda de datos más detallados y la diversidad de información imagética disponible, algunas investigaciones recientes se han apoyado en imágenes de muy alta resolución espacial y/o en metodologías multisensor. Los estudios de Ruffato-Ferreira (2016), Amaral *et al.*, (2022), Ramos *et al.* (2023), Silveira *et al.* (2024) y Lugon *et al.*, (2025) presentan resultados preliminares que evidencian diagnósticos más precisos, capaces de subsidiar estrategias de planificación urbana y ambiental alineadas con los desafíos climáticos y socioespaciales contemporáneos.

La tesis de Ruffato-Ferreira (2016) evidencia la relevancia de las áreas verdes privadas, especialmente aquellas presentes en patios domésticos, como un componente estratégico para la sostenibilidad urbana en los suburbios de Río de Janeiro. La autora cuantifica y analiza la contribución de estas áreas al verde urbano de la AP3 (Área de Planificación 3 del municipio de Río de Janeiro), utilizando un enfoque GEOBIA (Análisis de Imágenes Basado en Objetos Geográficos), combinado con minería de datos aplicada a imágenes de alta resolución. El enfoque GEOBIA adopta el concepto de objeto como base de la información semántica necesaria para la interpretación de la imagen, y no del píxel (Trimble, 2014), agrupando píxeles similares a nivel de objeto geográfico.

Los resultados de Ruffato-Ferreira (2016) demuestran que los patios con vegetación representan el 40% del área verde oficialmente mapeada por el municipio, correspondiendo al 13,87% del área residencial y al 5,59% del área urbana total, lo que revela su papel significativo en la mitigación de problemas socioambientales, incluyendo las islas de calor, la contaminación del aire y la escasez de espacios verdes.

Otro ejemplo es el estudio de Amaral *et al.* (2022), que utilizó imágenes WorldView-2 (2 m) y clasificación orientada a objetos (GEOBIA) para identificar y caracterizar áreas verdes intraurbanas en la AP3, región que abarca gran parte de la Zona Norte de Río de Janeiro. El estudio identificó que el 34% del área total de la AP3 corresponde a áreas verdes, distribuidas de manera desigual, con altas concentraciones en la Isla del Gobernador, la Sierra de la Misericordia y en las proximidades de macizos forestales. En cambio, áreas densamente urbanizadas,

como el Complejo de la Maré y Pavuna, presentan una fuerte escasez de vegetación, evidenciando la existencia de brechas verdes asociadas a la vulnerabilidad socioeconómica.

Los datos de Amaral *et al.* (2022) dieron origen a la investigación reciente de Silveira *et al.* (2024), que profundiza la discusión sobre la contribución de los jardines privados y de los espacios vegetados de dominio particular al confort térmico urbano. Los autores demuestran que los jardines con mayor proporción de vegetación arbórea y mejor conectividad espacial presentan menores temperaturas de superficie, reforzando la importancia de considerar las áreas verdes privadas como infraestructura estratégica para la mitigación climática, un elemento frecuentemente ausente en los mapeos tradicionales.

Otro avance importante observado es el modelo de mapeo desarrollado por Ramos *et al.* (2023), que utilizó un ortofotomosaico de 15 cm y datos LiDAR de 2019 para la Región Administrativa de Méier, permitiendo la identificación de tipologías de vegetación con un alto nivel de detalle. El enfoque GEOBIA permitió distinguir vegetación arbórea (64,9%), arbustiva (20,04%) y herbácea (14,95%), alcanzando una exactitud del 96% y un coeficiente Kappa de 0,91. Estos resultados demuestran la efectividad de los enfoques multisensor para la producción de inventarios arbóreos avanzados y diagnósticos a microescala replicables en otras áreas urbanas (Figura 7).

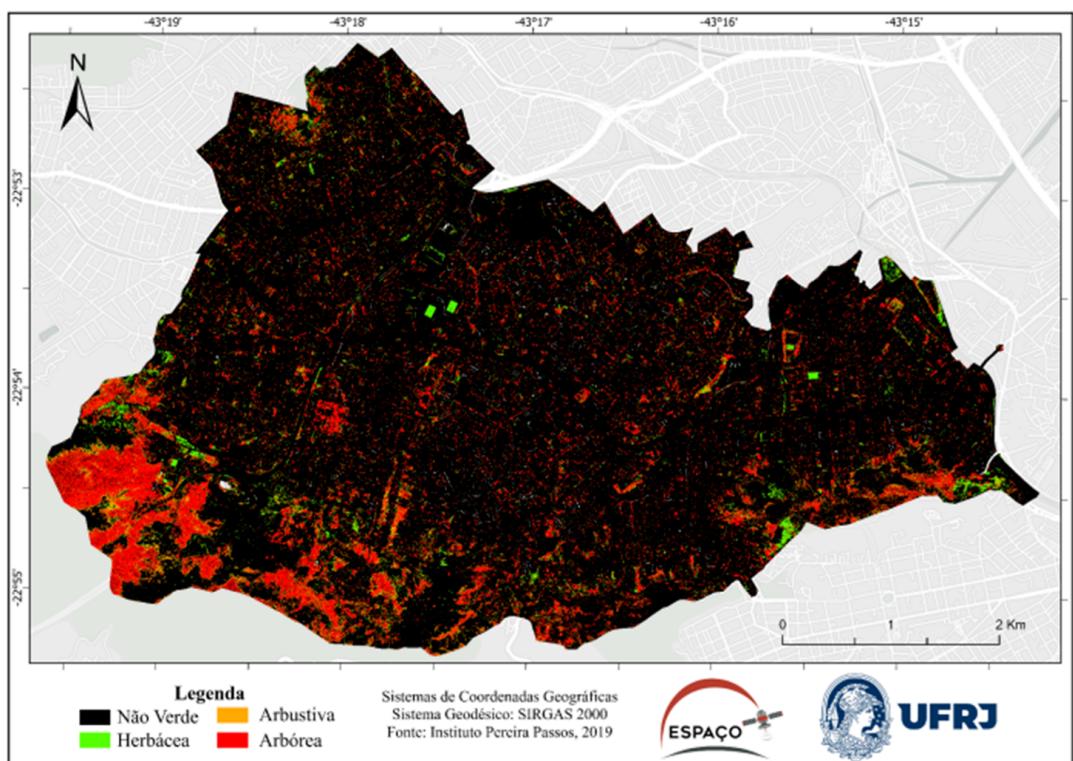


Figura 7: Mapeo preliminar derivado del modelo de mapeo de los sistemas verdes urbanos de la Región Administrativa de Méier por estratificación de alturas.

Fuente: adaptado de Ramos *et al.*, (2023).

A partir de los resultados de esta última investigación, realizada con datos del año 2019, es posible compararlos con los datos de cobertura vegetal de 2018 del ayuntamiento. La Figura 8 presenta esta comparación directa entre los resultados del mapeo de áreas verdes. Se observa que, en los mapeos de menor escala, solo se identifican y representan grandes manchas vegetadas en el mapa (en verde), mientras que la mayor parte de la vegetación distribuida en pequeños fragmentos, como árboles aislados, arbolado viario y jardines privados, permanece ausente. En cambio, en los mapeos de mayor escala, la representación espacial se vuelve mucho más detallada, revelando un número significativamente mayor de píxeles

clasificados como vegetación. Este análisis evidencia cómo el detallado de las áreas intraurbanas da visibilidad a fragmentos verdes que transforman la perspectiva de gestión y planificación urbana en un contexto de emergencia climática, en el que la adaptación y la mitigación también son problemáticas locales.



Figura 8: Comparación entre el mapeo (a) y (c): Cobertura y Uso del Suelo del Ayuntamiento de Río de Janeiro (2018), y el mapeo (b) y (d): de las áreas verdes de 2019 realizado por Ramos *et al.* (2023).

Fuente: adaptado de Ramos *et al.*, (2023).

La Figura 8 presenta la comparación entre dos productos cartográficos elaborados en momentos distintos. Las Figuras 8a y 8c corresponden al mapeo de cobertura del suelo elaborado por el Ayuntamiento de Río de Janeiro en 2018, mientras que las Figuras 8b y 8d muestran el mapa preliminar de Ramos *et al.* (2023). Las imágenes superiores (Figuras 8a y 8b) se refieren a los barrios de Engenho de Dentro y Todos os Santos, mientras que las imágenes inferiores (Figuras 8c y 8d) representan los barrios de Engenho Novo y Lins de Vasconcelos. Esta composición evidencia diferencias metodológicas e interpretativas entre ambos levantamientos, permitiendo observar cómo la actualización de los datos y el refinamiento de las categorías geoespaciales pueden modificar la representación de los elementos territoriales y la comprensión de la configuración urbana de estas áreas.

El cambio en el nivel de detalle abre la posibilidad de nuevos análisis, como se muestra en Lugon *et al.* (2025), en el que los autores proponen una metodología de mapeo y cualificación de la vegetación intraurbana basada en la articulación entre datos de muy alta resolución espacial provenientes de Ramos *et al.* (2023) e información de morfología urbana (Figura 9).

La investigación identifica y analiza la distribución de diferentes tipologías vegetales en contextos espaciales distintos, como ejes viales, áreas residenciales, ferrocarriles, espacios abiertos y favelas, demostrando que el 68,99% de la vegetación es arbórea, con una fuerte predominancia a lo largo de la estructura vial, mientras que la vegetación herbácea-arbustiva se concentra en áreas físicamente más restringidas, como los ferrocarriles. Los resultados evidencian la importancia de los diagnósticos a microescala para orientar políticas públicas, definir prioridades de arbolado y subsidiar acciones de planificación urbano-ambiental.

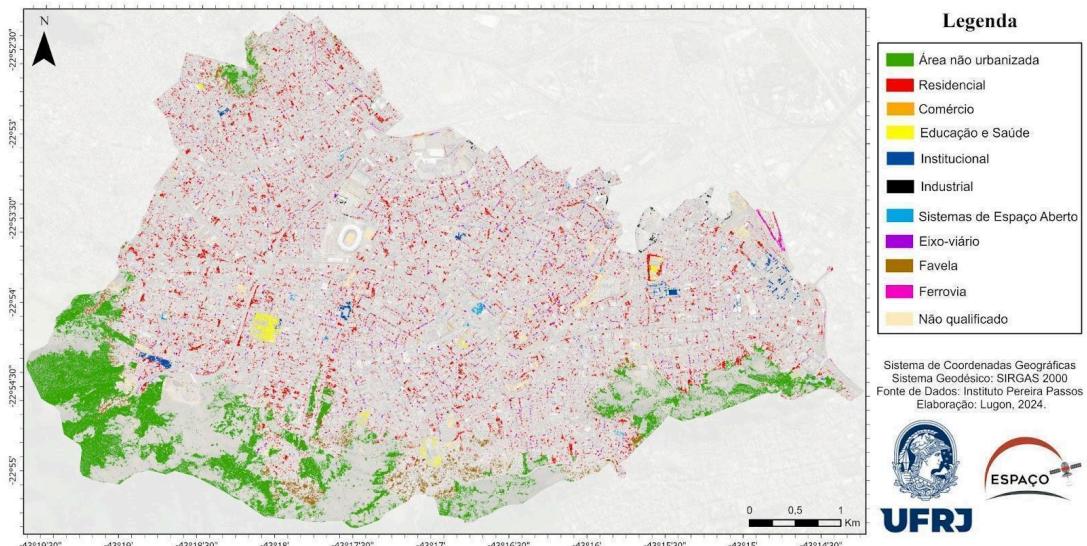


Figura 9: Mapa de clasificación de los sistemas verdes urbanos por situación urbana.

Fuente: Lugon *et al.*, (2025).

4 Consideraciones finales

En general, estos estudios muestran que la producción de diagnósticos detallados sobre la vegetación urbana depende de mapeos a microescala y que, actualmente, en la ciudad de Río de Janeiro esto es posible gracias a la combinación de alta resolución espacial, enfoques multisensor e integración con datos socioespaciales, lo que permite análisis más justos y más ajustados a la realidad territorial. Es evidente que los trabajos demuestran que el marco metodológico aún está en construcción y que la cobertura de los mapeos sigue siendo un desafío. Se puede concluir que los avances han sido numerosos y que se ha alcanzado un mayor nivel de detalle gracias a la gran cantidad de datos disponibles. Sin embargo, todavía existen muchos desafíos, como el esfuerzo de edición de los mapeos y la adecuación de los datos.

Más allá del mapeo general de la vegetación urbana, la microescala se ha mostrado como un instrumento poderoso para comprender microproblemas que influyen directamente en la calidad ambiental y en la vida cotidiana de la población carioca. Estos productos permiten análisis aplicados con potencial directo para políticas públicas e intervenciones localizadas. La disponibilidad de datos de muy alta resolución espacial y enfoques multisensor no solo refina las respuestas a preguntas tradicionales como “¿cuánto verde existe?”, sino que también permite formular nuevas preguntas, antes imposibles o inviables: ¿Cómo estimar la capacidad real de mitigación térmica por árbol, calle o manzana? ¿Cómo caracterizar el déficit hídrico y la capacidad real de infiltración en aceras y suelos urbanos? ¿Cómo identificar áreas prioritarias para la arborización con base en indicadores de salud y vulnerabilidad socioambiental? ¿Cómo mapear el riesgo de caída de árboles a partir de la estructura 3D y la dinámica de los vientos? ¿Cómo integrar los jardines privados y las áreas vegetadas espontáneas en la planificación urbana como infraestructura verde funcional? Estas preguntas reflejan un cambio de paradigma: de la medición de la cobertura a la cualificación funcional de la vegetación urbana.

Los diagnósticos detallados a microescala abren nuevas oportunidades para una gobernanza urbana basada en evidencias. En el caso de Río de Janeiro, un ejemplo emblemático es el Programa de Monitoreo Continuo de la Cobertura Vegetal (PMCV), institucionalizado por el Decreto N° 54.071/2024, que consolida una de las series de monitoreo urbano más largas de América Latina e integra datos de alta resolución espacial, inventarios y validación de campo. Esta serie de

productos, iniciada en 1984, ha evolucionado hacia escalas de mapeo cada vez más detalladas. El mapeo del verde urbano correspondiente al año 2018, presentado anteriormente, puede ser aún más detallado y abrir nuevas formas de comprender el verde urbano.

La integración entre la microescala y las políticas urbanas permite transformar los datos en decisiones concretas, garantizando mayor transparencia, eficiencia y justicia territorial. En este sentido, los diagnósticos presentados a lo largo de esta sección refuerzan que la planificación urbana contemporánea necesita abandonar enfoques generalistas y adoptar metodologías sensibles a las diferencias intraurbanas, acercando el diseño de las políticas públicas a la experiencia real del territorio vivido.

Referencias

- AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy Use and Improve Air Quality in Urban Areas. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, 2001. DOI: 10.1016/S0038-092X(00)00089-X
- AMARAL, F. G. *et al.* O verde intraurbano da área de planejamento 3 carioca: mapeamento e padrões espaciais com apoio das geotecnologias. In: Elizabeth Maria Feitosa Da Rocha De Souza. (Org.). **Geoinformação e Análise Espacial: Métodos Aplicados A Áreas Antropizadas**. Rio De Janeiro: Appris, 2022.
- ARAM, F. *et al.* Urban Green Space Cooling Effect in Cities. **Helyon**, v. 5, n. 4, 2019. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01339
- ARAUJO, P. L. C. *et al.* A Serra da Misericórdia, o Maciço esquecido do Rio De Janeiro, como objeto do Planejamento Urbano-Ambiental. In: Encontro da ANPEGE, São Paulo. **Anais do XIII ENANPEGE**. São Paulo: 2019.
- BALTSAVIAS, E. P. Airborne laser scanning: basic relations and formulas. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 54, n. 2-3, 1999.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure**: linking landscapes and communities. Washington, DC: Island Press, 2006.
- BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem Services in Urban Areas. **Ecological Economics**, v. 29, no. 2, 1999. DOI: 10.1016/S0921-8009(99)00013-0
- CAO, X. *et al.* Quantifying the Cool Island Intensity of Urban Parks Using ASTER and IKONOS Data. **Landscape and Urban Planning**, v. 96, n. 4, 2010. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2010.03.008
- CASTRO, I. E. Escala e pesquisa na geografia. Problema ou solução?. **Espaço Aberto**, v. 4, n. 1, 2014. DOI: 10.36403/espacoaberto.2014.2435
- CAVALHEIRO, F. *et al.* Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Rio de Janeiro, v. XVII, n. 3, 1999.
- CHEN, T.; LANG, W.; LI, X. Exploring the impact of urban green space on residents' health in Guangzhou, China. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 146, n. 1, 2019. DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000541
- COHEN-SHACHAM, E. *et al.* (Org.). **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Gland : IUCN, 2016.
- DATA.RIO. **Cobertura Vegetal e Uso da Terra 2018**. DATA.RIO. Rio de Janeiro, 2018. Disponible en: <https://www.data.rio/datasets/PCRJ::cobertura-vegetal-e-uso-da-terra-2018/about>. Access en: 20 nov. 2025.
- DERKZEN, M. L.; TEEFFELEN, A. J. A. V.; VERBURG, P. H. REVIEW: Quantifying Urban Ecosystem Services Based on High-resolution Data of Urban Green Space: an Assessment for Rotterdam, the Netherlands. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 4, 2015. DOI: 10.1111/1365-2664.12469

- DOBBS, C.; ESCOBEDO, F. J.; ZIPPERER, W. C. A Framework for Developing Urban Forest Ecosystem Services and Goods Indicators. **Landscape and Urban Planning**, v. 99, n. 3-4, 2011. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2010.11.004
- DOUGLAS, I. Urban ecology and urban ecosystems: understanding the links to human health and well-being. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 4, 2012. DOI: 10.1016/j.cosust.2012.07.005
- GODDARD, M. A.; BENTON, T. G.; DOUGILL, A. J. Beyond the garden fence: landscape ecology of cities. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 4, 2010. DOI: 10.1016/j.tree.2009.12.007
- GÓMEZ, F. et al. Green areas, the most significant indicator of the sustainability of cities: Research on their utility for urban planning. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 137, n. 3, 2011.
- GUIA, E. V. F. **Relações entre processo de ocupação e as características socioambientais da região da Serra da Misericórdia, subúrbio do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- HAN, Q.; KEEFFE, G. Stepping-Stone City: Process-Oriented Infrastructures to Aid Forest Migration in a Changing Climate. In: ROGGEWA, R. (Org.). **Nature Driven Urbanism**. Springer, Cham, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-26717-9_4
- HARRIS, M. et al. Urbanisation of Protected Areas within the European Union — An Analysis of UNESCO Biospheres and the Need for New Strategies. **Sustainability**, v. 11, n. 21, 2019. DOI: 10.3390/su11215899
- HERCULANO, S. O clamor por justiça ambiental e contra o racismo ambiental. **InterfacEHS: Revista de gestão integrada em saúde do trabalho e meio ambiente**, v. 3, n. 1, 2008.
- KABISCH, N.; QURESHI, S.; HAASE, D. Human–environment interactions in urban green spaces — A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, [S.n.], 2015. DOI: 10.1016/j.eiar.2014.08.007
- KONIJNENDIJK, C. et al. Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 4, n. 3-4, 2006. DOI: 10.1016/j.ufug.2005.11.003
- LIMA, A. M. L. P. et al. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: **Anais...** São Luís: Uema/Emater-Ma, 1994.
- LOCKE, D. H.; MCPHEARSON, T. Urban areas do provide ecosystem services. **Frontiers in Ecology & the Environment**, v. 16, n. 4, 2018. DOI: 10.1002/fee.1796
- LUEDERITZ, C. et al. A Review of Urban Ecosystem Services: Six Key Challenges for Future Research. **Ecosystem Services**, v. 14, [S.n.], 2015. DOI: 10.1016/j.ecoser.2015.05.001.
- LUGON, A. L. S. et al. Qualificação das Tipologias do Verde Intraurbano de Acordo com a situação geográfica na Região Administrativa Méier (Rio de Janeiro). In: **Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2025, Salvador. **Anais eletrônicos...**, Galoá, 2025.
- MABON, L.; SHIH, W. What might 'just green enough' urban development mean in the context of climate change adaptation? The case of urban greenspace planning in Taipei Metropolis, Taiwan. **World development**, v. 107, [S.n.], 2018. DOI: 10.1016/j.worlddev.2018.02.035
- MADALENA, M.A.; SILVA, A.S. Infraestrutura Verde: uma abordagem sistêmica de integração urbano-rural. **Cadernos Proarq**, v. 1, n. 37, 2021. DOI: 10.37180/2675-0392-n37v1-8
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. ed.4. São Paulo: Blucher, 2010.

- NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano**: um estudo da ecologia e do planejamento urbano aplicado ao distrito de Santa Cecília. São Paulo: Fapesp, 2001.
- OKE, T. R. *et al.* **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- PACHECO, A. P. *et al.* Classificação de pontos LIDAR para a geração do MDT. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 17, n. 3, p. 471–438, jul. 2011. DOI: 10.1590/S1982-21702011000300006
- QURESHI, S.; BREUSTE, J. H.; LINDLEY, S. J. Green Space Functionality Along an Urban Gradient in Karachi, Pakistan: A Socio-Ecological Study. **Human Ecology**, v. 38, n. 2, 2010. DOI: 10.1007/s10745-010-9303-9
- RAMOS, M. N. *et al.* Modelagem de áreas de cobertura vegetal intraurbanas: uma proposta metodológica com base em multisensores. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos**..., INPE, 2023.
- RIO DE JANEIRO (Município). Decreto nº 54.071, de 24 de maio de 2024. Institui o Programa de Monitoramento Contínuo da Cobertura Vegetal do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 27 maio 2024.
- RUFFATO-FERREIRA, V. J. **Uma Nova Variável no Planejamento para o Desenvolvimento Urbano Sustentável: Áreas Verdes em Quintais no Subúrbio da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro. Tese (Planejamento Energético) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2016.
- SILVEIRA, C. *et al.* The Importance of Private Gardens and Their Spatial Composition and Configuration to Urban Heat Island Mitigation. **Sustainable Cities and Society**, v. 112, [S.n.], 2024. DOI: 10.1016/j.scs.2024.105589.
- TEIXEIRA, R. F. R. **Identificação e caracterização de áreas verdes urbanas da região administrativa da Penha (XI): Uma análise comparativa de sensores**. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2025.
- THEANO, S.; TSITSONI, T. The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road. **Noise Control Engineering Journal**, v. 59, n. 1, 2011. DOI: 10.3397/1.3528970
- TRIMBLE. **eCognition Developer 9.0**: Reference Book. Munich: Trimble Germany GmbH, 2014.
- WEHR, A; LOHR, U. Airborne laser scanning: an introduction and overview. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 54, n. 2-3, 1999. DOI: 10.1016/S0924-2716(99)00011-8
- YANG, J. *et al.* The temporal trend of urban green coverage in major Chinese cities between 1990 and 2010. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 13, n. 1, 2014. DOI: 10.1016/j.ufug.2013.10.002

Sobre los Autores

Felipe Gonçalves Amaral es doctor, magíster y licenciado en Geografía por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), además de licenciado en Ciencias Matemáticas y de la Tierra por la misma institución. Actualmente es investigador posdoctoral en Geografía (UFRJ) y profesor sustituto del Departamento de Geografía (UFRJ).

Evelyn de Castro Porto Costa es investigadora posdoctoral en Geografía (UFRJ). Posee doctorado en Geografía por la Universidad Federal Fluminense (UFF), maestría en Geografía por la Universidad del Estado de Río de Janeiro – Facultad de Formación de Profesores (UERJ/FFP), licenciatura en Geografía por la UERJ/FFP y grado en Geografía por la UFF. Actualmente es profesora adjunta del Departamento de Licenciatura en Geografía del Instituto de Geografía de la Universidad del Estado de Río de Janeiro – Campus Cabo Frio (UERJ/CF).

Patrícia Luana Costa Araújo es doctoranda y magíster en Geografía por la UFRJ y posee un grado en Arquitectura y Urbanismo. Actualmente es profesora sustituta del Departamento de Geografía de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ).

Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira es estudiante de maestría en Geografía por la UFRJ. Posee grado y licenciatura en Geografía por la Universidad Federal Fluminense (UFF).

Amanda Lago de Souza Lugon posee grado en Geografía por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ) y actualmente cursa la maestría y la licenciatura en Geografía en la misma institución.

Mayara do Nascimento Ramos es licenciada en Geografía por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ) y actualmente cursa la maestría y el grado en Geografía en la misma institución.

João Victor Ladeira Silva es estudiante de grado en Licenciatura en Geografía por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ) y becario del CNPq.

João Victor da Silva dos Santos es estudiante de grado en Geografía (Bachillerato) por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ).

Rafael Ferreira Rodrigues Teixeira posee grado en Geografía por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ).

Laura da Silva Bianchini es estudiante de grado en Geografía (Bachillerato) por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ).

Matheus Augusto de Souza es estudiante de grado en Ciencias Matemáticas y de la Tierra por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), con énfasis en Teledetección y Geoprocесamiento.

Carla Bernadete Madureira Cruz es ingeniera cartógrafa y profesora titular del Departamento de Geografía de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). Es becaria de Productividad en Investigación del CNPq – Nivel C y Científica de Nuestro Estado (FAPERJ).

Contribuciones de los Autores

Conceptualización: [F.G.A., P.L.C.A.]; metodología: [F.G.A., A.L.S.L., M.N.R., R.F.R.T., M.A.S.]; software: [A.L.S.L., M.N.R.]; análisis formal: [F.G.A., P.L.C.A., A.L.S.L., M.N.R., R.F.R.T., M.A.S., J.V.L.S., J.V.S.S., L.S.B., S.M.D.R.V.]; investigación: [F.G.A., P.L.C.A., A.L.S.L., M.N.R., E.C.P.C.]; recursos: [F.G.A., C.B.M.C.]; curaduría de datos: [F.G.A., P.L.C.A., A.L.S.L., M.N.R., E.C.P.C.]; redacción—preparación del borrador original: [F.G.A.]; redacción—revisión y edición: [F.G.A., P.L.C.A., E.C.P.C., S.M.D.R.V.]; visualización: [J.V.L.S., J.V.S.S., L.S.B.]; supervisión: [F.G.A., C.B.M.C.]; administración del proyecto: [F.G.A., C.B.M.C.]; adquisición de financiamiento: [F.G.A., C.B.M.C.]. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión publicada del manuscrito.

Financiación

Esta investigación fue financiada por la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Río de Janeiro (FAPERJ), el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), mediante el fomento a la investigación, y la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (CAPES), mediante becas de iniciación científica, maestría, doctorado y posdoctorado.

Además, este artículo está vinculado y recibió financiamiento de los siguientes proyectos:

- Convocatoria FAPERJ n.º 17/2024 – Posdoctorado Nota 10 (PDR-10);
- Convocatoria FAPERJ n.º 32/2021 – Programa Científico de Nuestro Estado (2021);

- Convocatoria FAPERJ n.º 22/2025 – Programa Pensa Rio: Apoyo al Estudio de Temas Relevantes y Estratégicos para el Estado de Río de Janeiro (2025).

Agradecimientos

Los autores reconocen las contribuciones del Programa de Posgrado en Geografía y de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ) por la disponibilidad del espacio físico necesario para el desarrollo de esta investigación. Agradecen al Laboratorio ESPAÇO por la posibilidad de reunir diferentes perfiles académicos que contribuyeron a la elaboración de este artículo.

Asimismo, agradecen a la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Río de Janeiro (FAPERJ), al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) y a la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (CAPES) por el fomento a la investigación. Finalmente, agradecen al Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) por el suministro de los datos.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Sobre la Colección *Estudos Cariocas*

La *Coleção Estudos Cariocas* (ISSN 1984-7203) es una publicación dedicada a estudios e investigaciones sobre el Municipio de Río de Janeiro, vinculada al Instituto Pereira Passos (IPP) de la Secretaría Municipal de la Casa Civil de la Alcaldía de Río de Janeiro.

Su objetivo es divulgar la producción técnico-científica sobre temas relacionados con la ciudad de Río de Janeiro, incluyendo sus conexiones metropolitanas y su inserción en contextos regionales, nacionales e internacionales. La publicación está abierta a todos los investigadores (sean empleados municipales o no), abarcando áreas diversas — siempre que aborden, parcial o totalmente, el enfoque espacial de la ciudad de Río de Janeiro.

Los artículos también deben alinearse con los objetivos del Instituto, a saber:

1. promover y coordinar la intervención pública en el espacio urbano del Municipio;
2. proveer e integrar las actividades del sistema de información geográfica, cartográfica, monográfica y de datos estadísticos de la Ciudad;
3. apoyar el establecimiento de las directrices básicas para el desarrollo socioeconómico del Municipio.

Se dará especial énfasis a la articulación de los artículos con la propuesta de desarrollo económico de la ciudad. De este modo, se espera que los artículos multidisciplinarios enviados a la revista respondan a las necesidades de desarrollo urbano de Río de Janeiro.