

O que dizem os inventários sobre as árvores urbanas das cidades que originalmente eram ocupadas por florestas tropicais?

Daniela Castelo Branco Manfrim

Mestranda, ESALQ, USP, Brasil
dmanfrim@usp.br

Talita dos Santos Angélico

Doutoranda, ESALQ, USP, Brasil
tangelico@usp.br

Demóstenes Ferreira da Silva Filho

Professor Doutor, ESALQ, USP, Brasil
dfilho@usp.br

RESUMO

As árvores fornecem à população urbana muitos benefícios, como bem-estar mental e físico, valorização imobiliária e mitigação do impacto das mudanças climáticas. Para avaliar esses benefícios, é necessário conhecer a composição e distribuição de espécies de árvores na paisagem urbana. Para este fim, o inventário de árvores é um instrumento fundamental. Este estudo tem como objetivo apresentar uma visão geral das publicações científicas baseadas em inventário de árvores de vias de municípios brasileiros. Esperamos encontrar informações sobre a composição de espécies e contribuir com gestores e tomadores de decisão para a seleção de espécies em novos programas de plantio. Consultamos quatro bases de dados, identificando inicialmente 322 artigos científicos publicados entre 2000 e 2021. Consideramos 27 deles elegíveis para essa revisão sistemática. Esses estudos estão concentrados em cidades das regiões Sudeste e Sul. Os autores de 21 artigos relataram quantificar ou qualificar as árvores de vias com foco no planejamento. Em geral, a diversidade de espécies foi considerada baixa, e as espécies mencionadas como mais abundantes são *Ficus benjamina*, *Moquilea tomentosa* e *Cenostigma pluviosum*. Exóticas predominaram em 11 dos 14 estudos que avaliaram a origem das espécies. Esses resultados mostram que a flora nativa está gravemente sub-representada nas vias das cidades brasileiras. O caminho alternativo para esse cenário seria que os gestores públicos priorizarem ações de longo prazo e políticas públicas a partir de inventários que gerem informações sobre a composição de espécies e os serviços ambientais proporcionados pelas árvores urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: árvores de rua brasileiras; gestão ambiental pública; inventário de árvores; árvores urbanas.

1 INTRODUÇÃO

As árvores urbanas proporcionam à população das cidades sombra, ar fresco, frutas, bem-estar mental e físico, valorização de imóveis, alimentação e suporte à fauna, interceptação da água pluvial e mitigação dos impactos das mudanças climáticas (FAO, [s.d.]). Seu papel no sequestro e armazenamento do carbono atmosférico também ajuda a mitigar os impactos ambientais do processo de urbanização (NOWAK; CRANE, 2002), o que, por meio da fragmentação das florestas tropicais originais e da introdução de espécies exóticas, causou problemas como perda de diversidade e funcionalidade das árvores urbanas (HUNTE et al., 2019; PYLES et al., 2020). Considerando as árvores suprimidas e as implantadas durante esse processo, as árvores urbanas da floresta urbana contemporânea representam a riqueza de espécies das florestas originais?

Para responder a esta pergunta, realizamos uma revisão de estudos científicos baseados em inventários de árvores de vias em cidades brasileiras, uma vez que a informação principal que é coletada de forma recorrente nos inventários é a composição de espécies. O inventário de árvores urbanas permite quantificar e qualificar os aspectos estruturais das árvores, sua distribuição espacial e temporal da vegetação arbórea na paisagem urbana, e os benefícios que as árvores urbanas fornecem (MCPHERSON; VANDOORN; DE GOEDE, 2016).

Tipicamente, um inventário de árvores urbanas pode ser feito pela contagem e identificação de todas as árvores de uma área (censo) ou por meio de uma amostragem de áreas selecionadas. O inventário amostral permite identificar padrões e detectar tendências a partir de uma amostra com um nível de precisão aceitável. O tipo do inventário por amostragem é classificado como: amostragem aleatória simples; amostragem por cluster; amostragem sistemática; e amostragem estratificada, dependendo do método de seleção e da distribuição das unidades amostrais (KOHL, 2004; SOARES F.; SOUZA, A.L., 2011). O censo é financeiramente viável em cidades pequenas. Optar pelo inventário amostral pode ser vantajoso porque os recursos (pessoas, dinheiro) necessários para contar todas as árvores podem ser realocados

para atualizar as informações em futuros inventários (JAENSON et al., 1992).

Geralmente, o inventário de árvores urbanas é realizado em etapas: (1) escolha do mapa-base ou imagem aérea; (2) estabelecimento da unidade amostral (rua ou quarteirão) e tamanho da amostra; (3) estabelecimento dos parâmetros qualitativos e quantitativos das árvores e do ambiente circundante; (4) coleta e processamento das informações em fichas de campo e bancos de dados. A escolha do método de levantamento depende da disponibilidade de tempo e recursos financeiros, bem como do objetivo do inventário: registro da vegetação, um plano para incremento de árvores, ou gestão da arborização (MACO; MCPHERSON, 2003; MILANO; DALCIN, 2000; TAIT et al., 2009).

Considerando a necessidade de saber se a flora brasileira é representada na composição de espécies de árvores urbanas, propomos uma revisão sistemática para elucidar questões como: Como os inventários de árvores urbanas foram realizados? Quais resultados encontraram? As árvores de rua refletem atualmente a riqueza de espécies características das florestas primárias do Brasil? Como as informações do inventário de árvores de rua pré-existent poderiam contribuir para o manejo de árvores urbanas e o incremento da biodiversidade da floresta urbana? Assim, esperamos encontrar informações sobre a composição de espécies de árvores de rua brasileiras e contribuir para gestores e tomadores de decisão na seleção de espécies em novos programas de plantio.

2 METODOLOGIA

Inicialmente foram selecionados artigos científicos revisados por pares, publicados em português e inglês entre 1999 e 2021 em revistas nacionais e internacionais indexadas nas bases de dados Science Direct, Scopus, Periódicos CAPES e CAB Abstracts. Excluímos seções de livros, teses e trabalhos de conferências. Para tanto, foram buscados os seguintes termos em inglês: inventory, tree, arboreal ou arboreum, street, urban, city, country, survey, e suas variações ortográficas possíveis. Não foi necessário incluir o termo "Brasil" porque um dos filtros da pesquisa foi a localização do estudo.

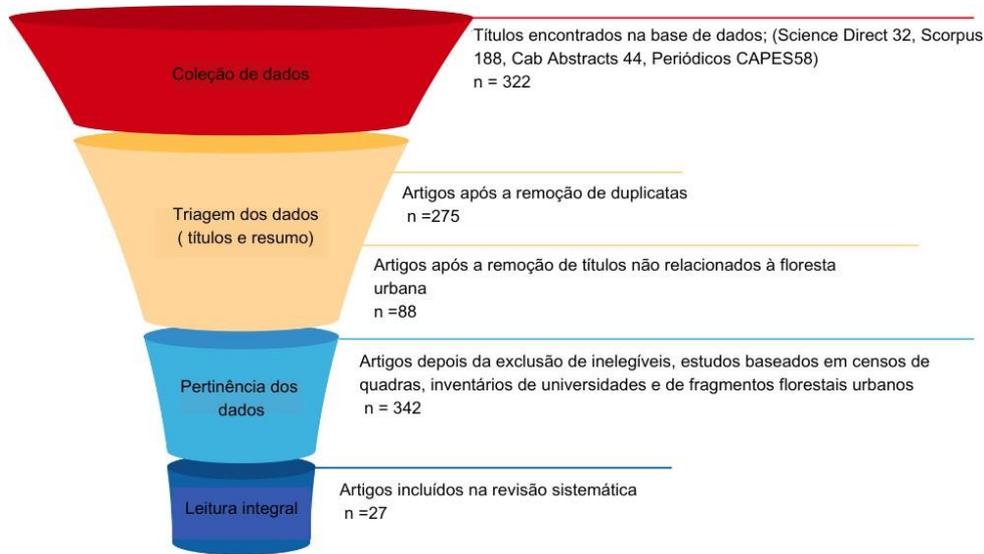
Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos de acordo com as recomendações de Pullin e Stewart (PULLIN; STEWART, 2006). Foram considerados exclusivamente estudos baseados em inventário de árvores de vias ou estudos baseados em inventários arbóreos pré-existent. Primeiro, selecionamos títulos e resumos e removemos duplicatas. Em seguida, excluímos artigos ilegíveis, ou seja, estudos baseados em um censo de praças e inventários de árvores em campus universitário e fragmentos de florestas urbanas. Depois de ler o texto na íntegra dos artigos elegíveis, foram identificadas as informações relevantes e compilados os objetivos, o conteúdo das seções "material e métodos", "resultados" e "discussão", e as recomendações sugeridas pelos autores, usando planilhas do Excel para facilitar sua visualização, análise e compreensão.

3 RESULTADOS

Inicialmente foram encontrados 322 artigos nas 4 bases de dados consultadas e selecionados 275 após a remoção das duplicatas. Em seguida, enfocamos aqueles relacionados ao tema da floresta urbana. Primeiro, avaliamos o título, depois o resumo e, por fim, o artigo completo, selecionando, respectivamente, 88, 42 e 27 artigos. A Figura 1 apresenta a estratégia

de busca e o número de artigos selecionados em cada fase.

Figura 1 - estratégia de pesquisa e número de artigos selecionados

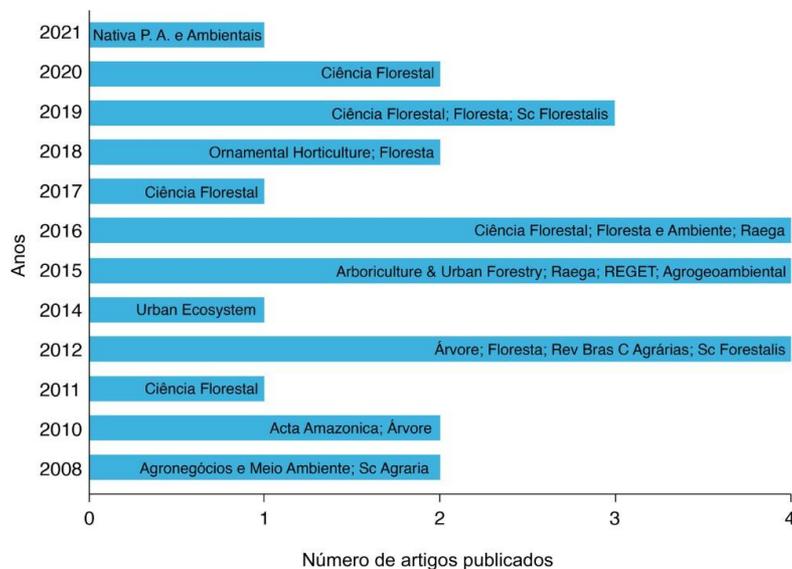


Fonte: OS AUTORES, 2022.

3.1 Estudos brasileiros baseados em inventários de árvores

A Figura 2 apresenta o número de artigos encontrados publicados anualmente de 1999 a 2021. Os artigos publicados antes de 2008 não foram encontrados nesta revisão sistemática. Além disso, a Figura 2 resume as revistas em que os artigos selecionados foram publicados. Dos 27 estudos baseados em inventários de árvores, 25 foram publicados em revistas nacionais e 2 em revistas internacionais (Urban Ecosystem e Arboriculture & Urban Forestry).

Figura 2 - Número de artigos publicados por ano e publicações por periódico



Fonte: OS AUTORES, 2022.

Figura 3 - Mapa do Brasil mostrando as vinte sete cidades brasileiras onde foram realizados os estudos selecionados



Fonte: Centro de Métodos quantitativos – CMQ/USP (2022)

A Figura 3 mostra que a maioria dos estudos foi realizada nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para as cidades dos estados do Paraná e São Paulo. A região Norte foi a menos representada. A Tabela 1 apresenta uma lista das cidades onde os inventários de árvores de vias dos estudos analisados foram realizados. A Tabela 2 resume o conteúdo relevante das seções "objetivo", "material e métodos", "resultados" e "discussão" e as recomendações dos autores.

Dos 27 artigos analisados, 37% realizaram censo, 52% inventários e 11% executaram ambos, o censo para quantificação e o inventário para qualificação das árvores. Seis artigos compararam dados de inventários preexistentes com novos inventários; 12 adotaram ruas como unidades amostrais e 4 escolheram quadras; 11 realizaram geoprocessamento de imagens; 10 preencheram planilhas de campo com informações sobre árvores e locais; 3 usaram fotografias e 5 coletaram ramos para identificação botânica. Os autores obtiveram e analisaram dados usando ArcGis, WorldView-2, Google Street View e XLStat® free trial, Excel, BioEstat 4.0.

Tabela 1 - Cidades onde foram realizados os inventários de árvores de vias dos estudos analisados. Os números referem-se à localização das respectivas cidades no mapa (Figura 3)

Norte	Sudeste	Sul
1-Monte Alegre - PA	9-Alfenas - MG	25-Ampére - PR
2-Santarém - PA	10-Cataguases - MG	26-Cafeara - PR
3-Macapá - AM	11-Guaxupé	27-Curitiba - PR
4-Palmas - TO	12-Itajubá	28-Maringá - PR
Nordeste	13-Juíz de Fora - MG	29-Pato Branco - PR
5-Beberibe - CE	14-Passa Quatro - MG	30-São Tomé - PR
6-Cascavel - CE	15-Três Corações - MG	31-São Gabriel - PR
7-Fortaleza - CE	16-Nova Iguaçu - RJ	Centro oeste
8-João Pessoa - CE	17-Águas de São Pedro - SP	32-Bonito - MT
	18-Americana - SP	33-Alta Floresta - MT
	19-Campinas - SP	34-Carlinda - MT
	20-Itanhaém - SP	35-Nova Monte Verde - MT
	21-Salto de Pirapora - SP	36-Itajubá - MG
	22-São José dos Campos - SP	
	23-São Paulo - SP	
	24-Tietê - SP	

Fonte: OS AUTORES, 2022.

Dos 27 artigos, 24 informaram o número total de árvores, e 5 calcularam o número de árvores por quilômetro de rua ou calçada. O número de espécies foi mencionado em 74% dos artigos. Os artigos que não informaram o número de espécies normalmente eram baseados em sensoriamento remoto. A espécie mais abundante foi informada em 66,7% dos artigos. O número de famílias botânicas foi informado por 37% dos estudos baseados em inventários de árvores e a família mais abundante foi informada por 29% dos artigos. A origem das espécies foi informada em 52% dos artigos analisados, 35,7% dos quais diferenciavam as espécies brasileiras das locais.

Em três artigos os autores analisaram o espaço disponível para o desenvolvimento das árvores. Conflitos entre as árvores de rua e a fiação elétrica foram observados em 5 estudos, e conflitos com os equipamentos urbanos apareceram em 8 estudos. Por fim, problemas como crescimento excessivo das raízes foram mencionados em 4 artigos. As recomendações mais feitas pelos autores foram: elaborar um plano de manejo de árvores, citado em 12 artigos; elaborar um plano de florestamento urbano, por 11 estudos; priorizar o plantio de espécies nativas, por 10 estudos; e conduzir atividades de educação ambiental, por 6 estudos.

Outras recomendações apareceram apenas uma vez no conjunto de estudos desta revisão sistemática: remoção de espécies exóticas invasoras; registro sistemático; monitoramento sistemático; escuta dos moradores; supervisão de podas; constituição de um plano de arborização; produção de mudas de espécies adequadas; uso da geotecnologia para coleta de dados; implementação de fiação elétrica e iluminação alternativas; substituição de indivíduos doentes e mortos; uso da área da copa e do índice de desempenho da espécie (SPI) como parâmetros para avaliar a relevância das espécies.

Revista Nacional de
Gerenciamento de Cidades

ISSN eletrônico 2318-8472, volume 11, número 84, 2023

Tabela 2 - Conteúdo relevante dos artigos selecionados para análise

Objetivo	<p>Avaliação dos métodos de amostragem das árvores Conservação da biodiversidade Gerenciamento da arborização Planejamento Historical and cultural appreciation of the tree location</p>	<p>Objetivos específicos: - Avaliar a influência do espaçamento do plantio no índice de diversidade - Análise da riqueza de espécies para conservação da biodiversidade e da flora urbana - Entender a relação entre árvores e a arquitetura - Demonstrar o potencial de uso de espécies nativas ornamentais - Determinar os índices de ecologia da paisagem - Identificar os conflitos entre árvores e seu entorno - Investigar os serviços ecológicos - Remediação de árvores viárias para analisar a dinâmica do componente arbóreo - Prover de informação para realização do Plano Diretor - Verificar a viabilidade de censos realizados via imagem aérea</p>
Material e Método	<p>Amostragem por rua Amostragem por quadra Amostragem aleatória Amostragem estratificada Determinação da intensidade da amostra Censo</p>	<p>- Cálculo de índices fisiológicos (identificação botânica, ados alométricos, diversidade, índices de frequência - Caracterização do entorno - Estudos baseados em inventários pré existentes - Imagem georeferenciada - Mapa físico - Mapeamento com informação da arborização - Questionário - Sensoriamento remoto</p>
Results and Discussion	<p>Abundância e riqueza das espécies Adequação do espaço reservado ao plantio e desenvolvimento da árvore Coeficiente de Gini Performance de crescimento e condição fitossanitária Poda inadequada Número de árvores por habitante Presença de fauna em árvores urbanas Presença de árvores frutíferas Presença de manilhas de concreto Posição da árvore na calçada</p>	
Recomendações	<p>Ações de educação ambiental Aumento da diversidade de espécies Cuidado fitossanitário Intervenção e gerenciamento</p>	

Revista Nacional de

Gerenciamento de Cidades

ISSN eletrônico 2318-8472, volume 11, número 84, 2023

Monitoramento arboreo

Planejamento de plantio

Substituição da rede da transmissão elétrica convencional por redes subterrâneas

Uso de geotecnologias para mapeamento arbóreo

Fonte: Os autores, (2022).

3.2 Métodos de inventário e resultados relevantes

Alvarez et al. (2015) utilizaram dois métodos para realizar o inventário em Campinas, Estado de São Paulo. O primeiro método utilizou imagens aéreas e o segundo verificou os dados em campo. Em ambos os casos, a equipe era formada por 4 pesquisadores e foram necessárias 90 horas para completar as duas fases. Comparativamente, levaria 1500 horas para fazer o mesmo levantamento trabalhando somente em campo. Além disso, este foi o único artigo a apresentar o coeficiente de Gini, um índice que indica a relação entre a cobertura de copa e o status socioeconômico da população. Da mesma forma, Lima Neto et al. (2012) e Castro et al. (2016) também compararam dados obtidos através dos mesmos dois métodos, trabalho de campo e imagens de geoprocessamento, para verificar a eficiência do segundo. Da mesma forma, os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente relevante entre o método convencional e o SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Alguns desafios foram enfrentados por Lima Neto et al. (2012) ao executar este inventário de árvores utilizando imagens de geoprocessamento. Os autores relataram que mudas e árvores pequenas eram difíceis de detectar, exigindo um registro prévio para evitar a representação inadequada desse tipo de planta durante o processamento das imagens. Segundo os autores, a copa das árvores de propriedades privadas foi confundida com as públicas e o oposto também ocorreu, sugerindo realizar uma coleta de dados convencional e adicionar coordenadas geográficas para evitar esse problema. Eles relataram que as sombras dos edifícios e a fase fenológica das árvores também interferiram no contorno da copa das árvores.

Bobrowski et al. (2016) propuseram duas formas de descrever a representação de espécies - expressa pelo Índice de Valor de Importância (IVI) - na composição das árvores viárias. A primeira utilizou a cobertura da copa em vez do diâmetro da árvore, de modo que a importância da espécie foi consequência da área de sombra que ela proporcionou, ou seja, o serviço florestal prestado. A segunda utilizou o Índice de Desempenho da Espécie (SPI) - índice baseado na abundância, cobertura da copa e condição geral da árvore - em vez da dominância da espécie. Segundo os autores, o SPI ofereceu uma expressão mais confiável do Índice de Valor de Importância, uma vez que a estabilidade estrutural dos indivíduos arbóreos que representam cada espécie também determinou sua importância. O estudo de Bobrowski e Biondi (2012a) foi baseado em um inventário florestal produzido em 1984 em Curitiba, Paraná. Os autores avaliaram a composição de espécies das mesmas parcelas amostrais do inventário anterior, comparando as árvores relatadas em 1984 com as árvores existentes em 2010. Eles verificaram a similaridade relativa entre as unidades amostrais, ou seja, o padrão das espécies praticamente permaneceu no plantio de árvores nesse período. Além disso, eles relataram a ocorrência de árvores de diferentes idades, ou seja, com a presença de indivíduos jovens, maduros e adultos.

Por fim, Bobrowski e Biondi (2012b) verificaram a influência do espaçamento de plantio na riqueza de espécies e no índice de diversidade. Os autores verificaram que o espaçamento entre as árvores influenciou os índices de riqueza, já que a redução no número de indivíduos enfatizou o peso do número de indivíduos de cada espécie nesse valor.

3.3 O que os inventários dizem sobre as árvores viárias

Quanto à estrutura das árvores de vias nos estudos analisados, Almeida et al. (2010) encontraram 47,7, 52,3 e 56 árvores por quilômetro de calçada em 3 cidades do estado do Mato Grosso. Alvarez et al. (2015) obtiveram 24,8 árvores/km para Campinas, estado de São Paulo; Locastro et al. (2015) encontraram 172 e 145 por quilômetro de calçada para duas avenidas de Maringá, estado do Paraná. Maria et al. (2019) encontraram 21 árvores por quilômetro de calçada em Itanhaém, estado de São Paulo, e Rossetti et al. (2010) encontraram 25,85 árvores por quilômetro de rua na cidade de São Paulo. Castro et al. (2016) obtiveram 0,07 árvores por habitante para Macapá, estado do Amapá, e Moro e Westerkamp (2011) obtiveram 10,8 e 13,4 árvores por habitante para Fortaleza, estado do Ceará.

Alguns autores (BENATTI et al., 2012; EDSON-CHAVES et al., 2019; ZAMPRONI et al., 2018) encontraram uma predominância de árvores de pequeno porte. O número de espécies variou de 12 a 219. *Ficus benjamina*, *Cenostigma pluviosum* (sibipiruna) e *Licania tomentosa* (oiti) foram as três espécies mais frequentes, e *Ficus benjamina* foi citada como a espécie mais abundante em 22% dos 18 artigos que relataram a frequência da espécie. O número de famílias botânicas variou de 7 a 47. A família mais abundante foi a *Fabaceae* (37,5%). As cidades do estado do Ceará apresentaram o maior percentual de exóticas, ou seja, 98% (EDSON-CHAVES et al., 2019) e 95% (MORO; WESTERKAMP, 2011), ao contrário de Palmas, com apenas 33,17% de exóticas e 51,28% de espécies locais (PINHEIRO; MARCELINO; MOURA, 2020).

Quanto ao desenvolvimento das árvores de vias, Castro et al. (2016) avaliaram a condição fitossanitária e informaram que 35% das árvores estudadas estavam mortas ou em condições ruins e regulares em Macapá; Bortoleto e Silva Filho (2008) e Benatti (2012) observaram podas inadequadas. Bortoleto e Silva Filho (2008) observaram *Ficus benjamina* e *Caesalpinia peltophoroides* (atualmente *Cenostigma pluviosum*) como as espécies predominantes na Estância Turística Águas de São Pedro, estado de São Paulo. Ainda com base no desempenho das árvores, espécies nativas como *Astronium fraxinifolium*, *Tapirira guianensis*, *Himatanthus drasticus* e *Andira surinamensis* foram recomendadas como potencialmente adequadas para uso em larga escala em paisagens urbanas (MORO; CASTRO, 2015).

Dois dos três artigos que mediram o espaço disponível para o desenvolvimento das árvores mostraram que a maioria dos locais avaliados também eram inadequados (LOBATO et al., 2021; SILVA et al., 2008). Dois dos 5 estudos que mencionaram conflitos entre árvores de rua e fiação elétrica mediram a ocorrência do conflito: 44,89% (PAULA et al., 2014) e 14,4% (BACELAR et al., 2020). Dois dos 8 estudos que mencionaram conflitos com equipamentos urbanos informaram a porcentagem de ocorrência: 29,82% (BORTOLETO; DA SILVA FILHO, 2008) e 34,71% (PAULA et al., 2014). *Ficus benjamina* e *Poincianella pluviosa* (atualmente *Cenostigma pluviosum*) foram frequentemente apontadas como a principal causa de danos às calçadas (BENATTI et al., 2012; BORTOLETO; DA SILVA FILHO, 2008; LOCASTRO; DE ANGELIS, 2015).

4 DISCUSSÃO

As questões que buscamos responder para entender a composição de espécies de árvores de rua no Brasil foram: Como os inventários de árvores de rua foram realizados? Quais resultados encontraram? Seria possível supor que as árvores de rua refletem atualmente a riqueza de espécies características das florestas primárias do Brasil? Como esses inventários contribuem para o manejo das árvores urbanas?

Em primeiro lugar, é importante mencionar que foi necessário consultar várias bases de dados durante a pesquisa porque o número de registros obtidos nas primeiras buscas foi menor do que o esperado. Uma explicação seria que os artigos publicados na Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – REVSBAU, considerados relevantes para a Arborização Urbana no Brasil, não estão incluídos nos registros das bases de dados consultadas. Santos *et al.* (2021), que apresentaram uma revisão sistemática de estudos baseados em tecnologia para a caracterização de árvores urbanas, também observaram que muitos estudos brasileiros não foram catalogados nas bases de dados usuais. Esta revisão sistemática, apesar de cobrir 21 anos de pesquisa, quase uma geração em conteúdo científico, incluiu apenas 27 artigos. No entanto, atualmente existem 5570 cidades brasileiras (IBGE, 2022). Reconhecemos a existência de inúmeras pesquisas baseadas em inventários de árvores urbanas que não foram incluídas neste trabalho porque não foram publicadas em revistas catalogadas em bases internacionais. Tais bases são constituídas apenas por revistas que implementam um rigoroso processo de publicação de artigos, e por essa razão, decidimos priorizar os trabalhos que atingiram esse rigor. A não publicação desses estudos em revistas reconhecidas evidencia a falta de conhecimento sobre o patrimônio arbóreo. Assim, identificamos a necessidade de ampliar a disseminação do conhecimento sobre as árvores de vias de cidades brasileiras e publicar estudos nacionais em revistas revisadas por pares reconhecidas, ganhando maior rigor científico e visibilidade.

Além disso, o custo e o tempo para realizar um inventário de árvores urbanas podem ser outra explicação para o pequeno número de estudos encontrados nesta revisão sistemática (ALVAREZ *et al.*, 2015). Acreditamos que o patrimônio cultural do Brasil colonial influenciou a forma como os tomadores de decisão gastam recursos para o inventário de árvores urbanas. Em uma colônia de exploração como o Brasil, as florestas tropicais – cuja característica original é a ocupação densa por indivíduos arbóreos e alta biodiversidade – foram vistas como uma barreira a ser superada para a ocupação e exploração do território para fins econômicos (SERRÃO, 2002). Aparentemente, a população urbana atual e os gestores públicos não consideram as árvores um legado que deve ser bem conhecido e preservado. Embora a Constituição Federal do Brasil (BRASIL, 1988) proclame o direito do cidadão a um ambiente saudável e equilibrado, percebemos que as ações para o incremento e manutenção da vegetação urbana não refletem esta afirmação na maioria dos municípios brasileiros. Portanto, entendemos que a valorização de um serviço ou produto, como um inventário, depende da relevância que é dada a ele.

Em termos de distribuição geográfica, observamos que a maioria dos estudos foi realizada em cidades nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Essa tendência de regionalização provavelmente se deve ao número de instituições de pesquisa e à produtividade científica dessas instituições nessas regiões (JOSÉ; SIDONE; HADDAD, 2016; SEMESP, 2020).

Como foram feitas as pesquisas? Quais resultados consideramos mais importantes?

Os estudos baseados em tecnologias de sensoriamento remoto incluídos nesta revisão confirmaram a eficácia desta ferramenta para otimizar o tempo e o custo de realização de um inventário. Tait et al. (2009), Alvarez et al. (2015) e Jung (2016) propuseram metodologias alternativas usando imagens aéreas e software de acesso livre para obter imagens georreferenciadas a um custo relativamente menor em comparação com as metodologias convencionais para determinar a estrutura da floresta urbana. Apesar dessa vantagem, consideramos que nem todas as informações necessárias para conhecer e gerir o patrimônio arbóreo podem ser obtidas exclusivamente por meio de imagens aéreas. Entendemos que o trabalho de campo é essencial, mas pode ser feito de forma mais direcionada e assertiva se usado como complemento ao sensoriamento remoto.

As informações mais coletadas nos estudos analisados foram o número de indivíduos e a frequência de espécies: alguns autores destacaram as espécies mais frequentes, enquanto outros indicaram o grupo de espécies mais frequente e a porcentagem que este grupo representa no número total de árvores inventariadas. Isso nos permite afirmar que a composição de espécies foi a principal informação nos artigos analisados.

Observamos que o termo "censo" foi adotado em alguns artigos mesmo quando este método foi usado apenas em parte do inventário. Locastro et al. (2015) optaram por estudar apenas duas avenidas de Maringá, estado do Paraná, e mesmo assim consideraram isso um censo. Por outro lado, Zamproni et al. (2018) referiram adequadamente o censo como a contagem de todas as árvores na cidade de Bonito e o inventário ao qualificá-las por amostragem. Uma variedade de abordagens e diferenças no uso de terminologias tornou difícil encontrar interseções de conteúdo, bem como fornecer uma visão geral do "estado da arte" deste tópico.

Em alguns dos estudos analisados, os métodos foram relatados como objetivo. Talvez por essa razão, a realização de uma pesquisa qualitativa ou quantitativa tenha sido o "objetivo" mais listado. Tentamos examinar os objetivos reais para cada um desses casos e repensar como essas informações podem ser melhor compreendidas. Se tomarmos conhecimento da cobertura arbórea existente a partir do levantamento quantitativo e se essa avaliação for realizada novamente, é possível construir uma linha do tempo para saber se há uma diminuição ou aumento na densidade arbórea das ruas e, em seguida, indicar a necessidade de novos plantios para alcançar as metas de cobertura arbórea desejadas.

Na pesquisa qualitativa, a quantidade de árvores também é considerada, mas requer amostras menores para compensar o tempo exigido em um levantamento mais preciso. A maioria dos artigos incluídos nesta revisão sistemática realizou pesquisa qualitativa. No entanto, essa descoberta não significa que houve uma maior disponibilidade de recursos e tempo para um tipo de tarefa que forneceu informações mais detalhadas. Os estudos qualitativos, embora realizados em amostras pequenas, fornecem algumas informações que tornam possível antecipar futuros acidentes causados pela queda de árvores, situações que causam má reputação para a administração municipal. Finalmente, em nenhum dos estudos analisados os autores abordaram o sequestro e armazenamento de carbono pelas árvores de vias de cidades brasileiras. Considerando que as florestas urbanas sequestram carbono e afetam a emissão de CO² das áreas urbanas, esse tipo de informação poderia ser usado para ajudar a avaliar o papel real e o potencial das florestas urbanas na redução do CO² atmosférico

(NOWAK; CRANE, 2002).

A melhor prática a ser adotada – Novas diretrizes complementa as às antigas

Para resumir, observamos que o uso do método SIG foi repetidamente recomendado para obter praticidade na realização de inventários contínuos. Apesar de ter mostrado ser estatisticamente eficiente em todos os estudos em que foi adotado (ALVAREZ et al., 2015; CASTRO, H. S.; DIAS, T. C. A. C.; AMANAJÁS, 2016; LIMA NETO et al., 2012), o método baseado em sensoriamento remoto ainda não parece ser amplamente utilizado em inventários públicos de árvores, uma vez que não foi mencionado em artigos publicados após 2016, incluídos nesta revisão.

Não observamos aumento ou diminuição no número de levantamentos baseados em inventários de árvores urbanas para o período analisado, o que mostra uma desconexão com a crescente preocupação com questões relacionadas à gestão de árvores urbanas e à sustentabilidade da biodiversidade da floresta urbana. O caminho alternativo para este cenário seria os gestores públicos priorizarem ações de longo prazo e políticas públicas a partir de inventários que gerem informações sobre o patrimônio arbóreo municipal e as áreas potenciais para receber novos plantios. Saber quais serviços ambientais as árvores oferecem à população depende das informações disponíveis sobre elas, como: quantidade; distribuição espacial das árvores; tamanho; espécies botânicas; e condições fitossanitárias. Com base nessas informações, os gestores de florestas urbanas podem tomar decisões essenciais para alcançar um saldo positivo, uma vez que as economias obtidas pelos serviços ambientais fornecidos pelas árvores compensam os investimentos em informações e conservação (KO et al., 2016).

A ocorrência de árvores de pequeno porte na população de árvores de vias é resultado de muitos fatores, como características fenotípicas específicas, restrições ambientais, ocorrência de podas de redução da copa, a predileção por arbustos ou ainda indica indivíduos juvenis originados de plantio recente. Considerando a necessidade de maximizar os serviços ecossistêmicos oferecidos pelas árvores de rua, é necessário priorizar e garantir a sobrevivência e vigor das árvores grandes, uma vez que as árvores de pequeno porte não oferecem os mesmos benefícios que as maiores (NOWAK, 1994; USDA FOREST SERVICE, 2004).

Respondendo à última pergunta, descobrimos que as espécies de árvores da flora nativa estão severamente sub-representadas nas vias públicas brasileiras. Exemplos com maiores taxas de participação de espécies exóticas são 98,74% em duas cidades do estado do Ceará (EDSON-CHAVES et al., 2019), 95% em Fortaleza, Ceará (MORO; WESTERKAMP, 2011), e 77% em um bairro de São Gabriel, Rio Grande do Sul (TEIXEIRA, 2015). Tais dados demonstram que o paisagismo urbano brasileiro é colonizado por espécies estrangeiras, provocando efeitos estéticos e ambientais, uma vez que a fauna nativa pode não encontrar uma fonte de alimento entre as espécies exóticas. Além disso, em casos mais graves, temos exemplos de espécies invasoras, como *Leucaena leucocephala*, que se espalha pelo território e impede o crescimento de outras espécies (MACHADO; DRUMMOND; BARRETO, 2020).

Por fim, esta revisão sistemática foi uma oportunidade para detectar que, mesmo entre os profissionais que promovem e geram conhecimento sobre florestas urbanas, o valor cultural de que as árvores são elementos que geram conflitos no ambiente urbano persiste. O uso de termos como "raízes agressivas" ou declarações de que as árvores causam danos à rede elétrica e aos prédios ao redor não apenas demonstra, mas também continua a repercutir tal equívoco. Rever discursos e propor alternativas para uma melhor convivência entre as árvores

e os equipamentos urbanos são desafios a serem enfrentados por pesquisadores, moradores, gestores públicos e tomadores de decisão. Portanto, é necessário repensar como a pesquisa produzida a partir de inventários pode direcionar o olhar para as árvores urbanas a partir de uma perspectiva menos hostil e mais "ecossistêmica".

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, D. N.; RONDON NETO, R. M. Análise da arborização urbana de três cidades da região norte do Estado de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 4, p. 647–655, 2010.
- ALVAREZ, I. A. et al. Street tree inventory of Campinas, Brazil: An instrument for urban forestry management and planning. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 41, n. 5, p. 233–244, 2015.
- 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.
- BENATTI, D. P. et al. Inventário Arbóreo-Urbano do Município de Salto de Pirapora, SP. **Revista Arvore**, v. 36, n. 5, p. 887–894, 2012.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Distribution and dynamics of crown area on street trees of Curitiba, Paraná, Brazil, in the period 1984-2010. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 625–635, 2012a.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. CARACTERIZAÇÃO DO PADRÃO DE PLANTIO ADOTADO NA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE CURITIBA, PARANÁ. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 3, p. 20–30, 2012b.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Comportamento de índices de diversidade na composição da arborização de ruas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 475–486, 2016.
- BORTOLETO, S.; DA SILVA FILHO, D. F. Situação da arborização viária da estância de Águas de São Pedro - SP. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 391–403, 2008.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 10 dez. 2020.
- CASTRO, H. S.; DIAS, T. C. A. C.; AMANAJÁS, V. V. A. As geotecnologias como ferramenta para o diagnóstico da arborização urbana: o caso de Macapá, Amapá. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 38, p. 146–168, 2016.
- DE CARVALHO MARIA, T. R. B.; BIONDI, D.; ZAMPRONI, K. Spatial indexes and biological diversity of Itanhaém, São Paulo, Brazil. **Floresta**, v. 49, n. 2, p. 267–276, 29 mar. 2019.
- EDSON-CHAVES, B. et al. Avaliação quali-quantitativa da arborização da sede dos municípios de Beberibe e Cascavel, Ceará, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 403, 2019.
- FAO. **Building greener cities: nine benefits of urban trees**. Food and Agriculture Organization of United Nations, [s.d.].
- HUNTE, N. et al. Colonial history impacts urban tree species distribution in a tropical city. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 41, n. April, p. 313–322, 2019.
- IBGE. **Número de municípios. Brasil, Panorama**. Rio de Janeiro: [s.n.].
- JAENSON, R. et al. **A statistical method for the accurate and rapid sampling of urban street tree populations**. **Journal Of Arboriculture**, 1992.
- JOSÉ, O.; SIDONE, G.; HADDAD, E. A. A ciência nas regiões brasileiras: evolução da produção e das redes de colaboração científica. **Transinformação**, v. 28, n. 1, p. 15–31, 2016.
- JUNG, M. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 18–21, 2016.
- KO, B. Y. et al. Does Tree Planting Pay Us Back? Lessons from Sacramento, CA. **Arborist News**, n. July, p. 50–54, 2016.
- KOHL, M. **Forest inventory and monitoring**. **Encyclopedia of Forest Sciences**, 2004.
- LIMA NETO, E. M. DE et al. Aerial photographs for measuring of tree crown area in the streets of Curitiba, Paraná. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 577–586, 2012.
- LOCASTRO, J. K.; DE ANGELIS, B. L. D. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização urbana em duas avenidas do município de Maringá - PR. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 3, p. 248–255, 2015.

- MACHADO, M. T. DE S.; DRUMMOND, J. A.; BARRETO, C. G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in Brazil: history of an invasive plant. **Estudos Ibero-Americanos**, v. 46, n. 1, p. e33976–e33976, 2020.
- MACO, S. E.; MCPHERSON, E. G. A practical approach to assessing structure, function, and value of street tree populations in small communities. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 2, p. 84–97, 2003.
- MCPHERSON, E. G.; VAN DOORN, N.; DE GOEDE, J. Structure, function and value of street trees in California, USA. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 17, p. 104–115, 2016.
- MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de Vias Públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000.
- MORO, M. F.; CASTRO, A. S. F. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity? **Urban Ecosystems**, v. 18, n. 1, p. 47–71, 1 mar. 2015.
- MORO, M. F.; WESTERKAMP, C. The alien street trees of fortaleza (NE Brazil): Qualitative observations and the inventory of two districts. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 21, n. 4, p. 789–798, 2011.
- NOWAK, D. J. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. Em: MCPHERSON, E.G NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A. (Eds.). **Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project**. [s.l.] USDA Forest Service, 1994. p. 201.
- NOWAK, D. J.; CRANE, D. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**, v. 116, n. 3, p. 381–389, 1 mar. 2002.
- PAULA, L. DE et al. Arborização urbana do bairro Centro do município de Cataguases, MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 2, p. 101–112, 2014.
- PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R. Arboreal composition and diversity in the urbanized blocks of palmas, Tocantins state. **Ciencia Florestal**, v. 30, n. 2, p. 565–582, 2020.
- PULLIN, A. S.; STEWART, G. B. Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p. 1647–1656, 2006.
- PYLES, M. V et al. Land use history drives differences in functional composition and losses in functional diversity and stability of Neotropical urban forests. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 49, n. September 2019, p. 126608, 2020.
- ROSSETTI, A. I. N.; TAVARES, A. R.; PELLEGRINO, P. R. M. Inventário arbóreo em dois bairros paulistanos, Jardim da Saúde e Vila Vera, localizados na subprefeitura de Ipiranga. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 889–898, 2010.
- SANTOS, M. I. C. DE P. et al. Tecnologias utilizadas no estudo da influência das florestas urbanas: uma revisão sistemática de literatura. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 16, n. 2, p. 38–53, 2021.
- SEMESP. **Mapa do Ensino Superior no Brasil, (2020), (10ª edição)**. , 2020.
- SERRÃO, S. M. **Para além dos domínios da Mata: Uma discussão sobre o processo de preservação da Reserva da Mata Santa Genebra, Campinas SP**. , 2002.
- SOARES F.; SOUZA, A.L., C. P. B. ; P. N. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2011.
- TAIT, R. J. et al. An electronic tree inventory for arboriculture management. **Knowledge-Based Systems**, v. 22, n. 7, p. 552–556, 2009.
- TEIXEIRA, I. F. Compatibility of tree planting streets in historic centers: A case study of são Gabriel - RS. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 34, n. September 2015, p. 246–268, 2015.
- USDA FOREST SERVICE. **The large tree argument. The case for large stature-trees vs. small stature-trees**. Southern Center for Urban Forestry Research & Information, Southern Research Station , , 2004. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/psw/topics/urban_forestry/products/cufr_511_large_tree_argument.pdf>
- ZAMPRONI, K. et al. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Bonito, MAto Grosso do Sul. **FLORESTA**, v. 48, n. 2, p. 235, 2018.