JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/ 10.52832/jesh.v6i3.762
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

ARBORIZAÇÃO URBANA E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: ESPÉCIES ARBÓREAS RECOMENDADAS PELO GUIA DE ARBORIZAÇÃO DE PELOTAS (RS) E SUA RELAÇÃO COM POLINIZADORES

URBAN TREE PLANTING AND ECOSYSTEM SERVICES: TREE SPECIES RECOMMENDED BY THE PELOTAS (RS) TREE PLANTING GUIDE AND THEIR RELATIONSHIP WITH POLLINATORS

PLANTACIÓN DE ÁRBOLES URBANOS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: ESPECIES DE ÁRBOLES RECOMENDADAS POR LA GUÍA DE PLANTACIÓN DE ÁRBOLES DE PELOTAS (RS) Y SU RELACIÓN CON LOS POLINIZADORES

Maraiza Mendes Feijó[1*]; Amanda Forquim Cetolin[2]; Célia Cristina Machado de Carvalho Vaz[3]; Eduarda Lemos Blank[4]; Guilherme Gonçalves Wachholz[5]; Kethlin Giovanna da Silva Ramos[6]; Stefani Curtinaz Mesquita[7]; Wesley Kabke[8]; Roberta Machado Karsburg[9]; Eduarda Medran Rangel[10]

[1] Gestora Ambiental, UFPEL, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UFPEL, Pelotas, RS, Brasil; [2 ao 8]Graduandos(os) do curso de Bacharel em Gestão Ambiental, UFPEL, RS, Brasil; [9]Doutora em Ciências, UFPEL, professora substituta da UFPEL, Pelotas, RS, Brasil; [10]Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, UFPEL, professora titular da UFPEL, Pelotas, RS, Brasil.
*Autor correspondente: maraizafeijo1909@gmail.com.

Recebido: 14/03/2026 | **Aprovado**: 16/09/2026 | **Publicado**: 22/09/2026

Resumo: A urbanização transforma ecossistemas naturais, reduzindo a biodiversidade, fragmentando habitats e comprometendo serviços ecossistêmicos essenciais. Nesse contexto, a arborização urbana constitui uma estratégia relevante de planejamento sustentável, ao contribuir para a regulação climática, a melhoria da qualidade ambiental e o suporte à biodiversidade, incluindo polinizadores. Este estudo teve como objetivo analisar as espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização Urbana da cidade de Pelotas, RS sob a perspectiva dos serviços ecossistêmicos, com ênfase no suporte a polinizadores. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza documental e bibliográfica, baseada na sistematização das espécies indicadas no guia municipal e na integração com literatura científica recente sobre arborização urbana, serviços ecossistêmicos e polinização em ambientes urbanos. As espécies foram organizadas por porte (pequeno, médio e grande) e analisadas segundo critérios ecológicos e funcionais, incluindo origem biogeográfica, fenologia de floração, oferta de recursos florais e grupos de polinizadores potencialmente associados. Foram identificadas 27 espécies no total, com predominância de espécies nativas, especialmente de biomas do sul do Brasil. Observou-se a presença de grupos botânicos com elevado potencial de suporte a polinizadores, como Myrtaceae e Bignoniaceae, capazes de ofertar néctar e pólen e favorecer visitas de abelhas, borboletas, sirfídeos e aves nectarívoras. A distribuição sazonal da floração mostrou maior concentração entre o final do inverno e a primavera, estendendo-se ao verão, o que pode sustentar comunidades de polinizadores ao longo das estações mais ativas. Entretanto, destaca-se a necessidade de ampliar a complementaridade temporal de floração, reduzindo lacunas no outono-inverno, e de integrar o planejamento arbóreo com estratégias de manejo, monitoramento e educação ambiental. Conclui-se que o guia municipal oferece uma base promissora para fortalecer serviços ecossistêmicos relacionados à polinização em Pelotas, desde que aprimorado com critérios ecológicos explícitos e ações de gestão adaptativa voltadas à biodiversidade urbana.

Palavras-chave: Biodiversidade Urbana. Conservação ambiental. Gestão Ambiental. Polinização. Sustentabilidade.

Abstract: Urbanization transforms natural ecosystems, reducing biodiversity, fragmenting habitats, and compromising essential ecosystem services. In this context, urban tree planting represents a relevant strategy for sustainable planning, as it contributes to climate regulation, environmental quality improvement, and biodiversity support, including pollinators. This study aimed to analyze the tree species recommended by the Urban Tree Planting Guide of the city of Pelotas, RS, from an ecosystem services perspective, with emphasis on pollinator support. This qualitative study is documental and bibliographic in nature and is based on the systematization of the species indicated in the municipal guide and the integration of recent scientific literature on urban forestry, ecosystem services, and pollination in urban environments. The species were organized by size (small, medium, and large) and analyzed according to ecological and functional

criteria, including biogeographic origin, flowering phenology, floral resource availability, and potentially associated pollinator groups. A total of 27 species were identified, with a predominance of native species, especially from southern Brazilian biomes. Botanical groups with high potential to support pollinators were identified, such as Myrtaceae and Bignoniaceae, which are capable of providing nectar and pollen and attracting bees, butterflies, syrphids, and nectarivorous birds. The seasonal distribution of flowering was more concentrated between late winter and spring, extending into summer, which may sustain pollinator communities during periods of greater activity. However, the need to enhance the temporal complementarity of flowering, reducing gaps in autumn and winter, and to integrate tree planning with management, monitoring, and environmental education strategies is highlighted. It is concluded that the municipal guide provides a promising basis for strengthening pollination-related ecosystem services in Pelotas, provided that it is improved with explicit ecological criteria and adaptive management actions focused on urban biodiversity.

Keywords: Urban biodiversity. Environmental conservation. Environmental management. Pollination. Sustainability.

Resumen: La urbanización transforma los ecosistemas naturales, reduciendo la biodiversidad, fragmentando los hábitats y comprometiendo servicios ecosistémicos esenciales. En este contexto, el arbolado urbano constituye una estrategia relevante de planificación sostenible, ya que contribuye a la regulación climática, a la mejora de la calidad ambiental y al soporte de la biodiversidad, incluidos los polinizadores. Este estudio tuvo como objetivo analizar las especies arbóreas recomendadas por la Guía de Arbolado Urbano de la ciudad de Pelotas, RS, desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos, con énfasis en el soporte a los polinizadores. Se trata de una investigación cualitativa, de naturaleza documental y bibliográfica, basada en la sistematización de las especies indicadas en la guía municipal y en la integración con literatura científica reciente sobre arbolado urbano, servicios ecosistémicos y polinización en ambientes urbanos. Las especies fueron organizadas por porte (pequeño, mediano y grande) y analizadas según criterios ecológicos y funcionales, incluyendo origen biogeográfico, fenología de floración, oferta de recursos florales y grupos de polinizadores potencialmente asociados. Se identificaron un total de 27 especies, con predominio de especies nativas, especialmente de biomas del sur de Brasil. Se observó la presencia de grupos botánicos con alto potencial para el soporte de polinizadores, como Myrtaceae y Bignoniaceae, capaces de ofrecer néctar y polen y favorecer visitas de abejas, mariposas, sírfidos y aves nectarívoras. La distribución estacional de la floración mostró mayor concentración entre finales del invierno y la primavera, extendiéndose hasta el verano, lo que puede sostener comunidades de polinizadores durante las estaciones de mayor actividad. No obstante, se destaca la necesidad de ampliar la complementariedad temporal de la floración, reduciendo vacíos en otoño e invierno, e integrar la planificación del arbolado con estrategias de manejo, monitoreo y educación ambiental. Se concluye que la guía municipal ofrece una base prometedora para fortalecer los servicios ecosistémicos relacionados con la polinización en Pelotas, siempre que se perfeccione mediante criterios ecológicos explícitos y acciones de gestión adaptativa orientadas a la biodiversidad urbana.

Palabras clave: Biodiversidad urbana. Conservación ambiental. Gestión ambiental. Polinización. Sostenibilidad.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização altera profundamente os ecossistemas naturais, perturbando sua estrutura, função e conectividade espacial, levando à perda de biodiversidade, fragmentação de habitats e declínio de serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano. Em regiões de rápida urbanização, demonstram que a expansão urbana reduz a saúde dos ecossistemas, particularmente por meio de mudanças no uso da terra, que degradam o armazenamento de carbono, a qualidade do habitat e serviços de regulação, como retenção de água e conservação do solo (Ouyang *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020).

A urbanização também impacta negativamente a diversidade e a abundância de polinizadores, o que ameaça os serviços de polinização, embora algumas áreas urbanas possam apresentar polinização aprimorada devido a polinizadores generalistas e manejados (Liang *et al.*, 2023). A interação espacial entre o crescimento urbano e os serviços ecossistêmicos frequentemente apresenta correlações negativas, com a expansão da área urbana reduzindo diretamente os valores dos serviços ecossistêmicos, enquanto o crescimento populacional e econômico exerce efeitos indiretos (Ouyang *et al.*, 2021).

De modo geral, a relação entre urbanização e saúde dos ecossistemas apresenta variações regionais e dinâmicas temporais, o que destaca a necessidade de um planejamento urbano personalizado que integre a conservação dos serviços ecossistêmicos para promover o desenvolvimento sustentável (Li *et al.*, 2021). Neste sentido, a arborização urbana é um componente estratégico do planejamento urbano que aprimora a estética da cidade, regula o clima, mitiga as ilhas de calor urbanas, melhora a qualidade do ar e apoia a biodiversidade urbana. Exemplos históricos e contemporâneos, como os de Guangdong, na China e de cidades italianas, mostram que a integração do reflorestamento com marcos ecológicos, sociais e regulatórios pode promover o desenvolvimento urbano sustentável e a resiliência às mudanças climáticas (Wang *et al.*, 2025).

As árvores urbanas e a infraestrutura verde desempenham um papel crucial no suporte à biodiversidade de polinizadores, fornecendo recursos florais essenciais, como néctar e pólen, que sustentam diversas comunidades de polinizadores, incluindo abelhas, borboletas, besouros e aves nectarívoras. Certas espécies de árvores urbanas variam significativamente na produção de néctar e aminoácidos, influenciando seu valor para os polinizadores, e a seleção de espécies com períodos de floração complementares pode aumentar a disponibilidade de alimento ao longo da estação (Na *et al.,* 2025).

Os espaços verdes urbanos, como parques, jardins e árvores de rua, contribuem para a resiliência ecológica e o bem-estar da comunidade, oferecendo habitats e recursos para polinizadores (Sarpong *et al.*, 2025). A incorporação de arbustos junto a árvores e o uso de plantas diversas e atrativas para polinizadores em paisagens urbanas podem impulsionar ainda mais a abundância de invertebrados e os serviços de polinização, destacando a importância do planejamento urbano integrado e favorável à biodiversidade (Sharmin *et al.*, 2024), a escolha criteriosa das espécies arbóreas torna-se, portanto, um fator-chave para potencializar os serviços ecossistêmicos da arborização urbana, conectando planejamento paisagístico, conservação da biodiversidade e sustentabilidade urbana (Rakholia *et al.*, 2025).

No Brasil, iniciativas municipais de planejamento da arborização urbana, vêm se consolidando por meio de guias técnicos que orientam o plantio e o manejo das árvores em espaços públicos, como o Guia de Arborização Urbana de Pelotas, elaborado pela Secretaria de Qualidade Ambiental, que estabelece diretrizes para a escolha de espécies arbóreas de acordo com o porte, a infraestrutura urbana e as características ambientais locais, priorizando espécies nativas e funcionalmente adequadas ao contexto urbano.

Nesse sentido, a cidade de Pelotas, localizada no sul do Rio Grande do Sul (RS) e inserida no bioma Pampa, apresenta um contexto singular, marcado por elevada urbanização, forte influência antrópica e crescente demanda por estratégias de adaptação climática e conservação da biodiversidade urbana (Pereira Neto, Rieth & Alfonso, 2019). Avaliar o potencial das espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização de Pelotas, no suporte a polinizadores, representa uma oportunidade relevante para integrar conhecimento científico ao planejamento urbano local, fortalecendo políticas públicas baseadas em evidências.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar as espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização de Pelotas, sob a perspectiva dos serviços ecossistêmicos, com ênfase na sua relação com polinizadores, buscando compreender de que forma atributos como porte, origem, floração e oferta de

recursos florais podem contribuir para a manutenção da biodiversidade urbana, subsidiando estratégias de arborização que conciliam funcionalidade ecológica, segurança urbana e bem-estar da população.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza documental e bibliográfica, com abordagem analítica e integrativa. A investigação teve como foco a análise das espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização Urbana de Pelotas, relacionando suas características ecológicas e funcionais aos serviços ecossistêmicos, com ênfase no suporte a polinizadores em ambientes urbanos.

A escolha desse delineamento de metodologia se justifica pela necessidade de integrar informações técnicas provenientes de documentos oficiais de planejamento urbano com evidências científicas já consolidadas na literatura acadêmica, possibilitando uma análise contextualizada e aplicada ao cenário urbano local.

O Guia de Arborização Urbana de Pelotas foi utilizado como fonte primária de dados, sendo analisado em sua versão mais recente disponibilizada pela Secretaria de Qualidade Ambiental do município. A partir desse documento, foram identificadas e sistematizadas todas as espécies arbóreas recomendadas para o plantio em espaços públicos, conforme os quadros técnicos apresentados no guia, que classificam as espécies em: Espécies de pequeno porte (até 4 m); Espécies de médio porte (entre 4 m e 8 m); Espécies de grande porte (acima de 8 m). Para cada espécie listada no guia, foram extraídas informações como nome popular, nome científico, porte e recomendação de uso no espaço urbano, as quais serviram como base para as análises subsequentes.

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de buscas sistematizadas em bases de dados acadêmicas reconhecidas, incluindo *Web of Science, Scopus, ScienceDirect e Google Scholar*. As buscas contemplaram publicações científicas dos últimos dez anos. Foram utilizados descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos, tais como: *urban forestry*, *urban trees*, *ecosystem services*, *pollinators*, *urban pollination*, *native trees*, *biodiversity*, *arboreal species* e *Brazil*. Essa seleção dos estudos seguiu critérios de relevância temática, qualidade metodológica e aderência ao contexto urbano e ecológico do estudo.

As espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização de Pelotas foram analisadas com base em critérios ecológicos e funcionais relacionados ao suporte a polinizadores, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Análises realizadas nas espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização de Pelotas.

Porte	Origem biogeográfica	Tipo de floração	Fenologia floral	Oferta de recursos florais	Grupos de polinizadores associados
Pequeno porte (até 4 m)	Nativa	Cor	Período da floração	Néctar	Abelhas
Médio porte (entre 4 e 8 m)	Exótica	Tamanho	Duração da floração	Pólen	Aves
Grande porte (acima de 8 m)	-	Acessibilidade das flores	-	Néctar e pólen	Borboletas
-	-	-	-	-	Outros insetos

Fonte: Autores, 2026.

Os dados coletados foram organizados em quadros e tabelas comparativas, elaborados de forma original, com o objetivo de sintetizar as informações e facilitar a análise integrada das espécies arbóreas. Os quadros

contemplaram variáveis como as descritas no Quadro 1, permitindo a identificação de padrões e lacunas na composição florística recomendada pelo guia municipal, abordagem que possibilitou uma discussão crítica sobre o alinhamento entre o planejamento da arborização urbana de Pelotas e os princípios ecológicos relacionados à promoção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa interpretativa, com base na literatura científica e nos conceitos de serviços ecossistêmicos. Os resultados foram discutidos partindo de estudos nacionais e internacionais sobre arborização urbana, polinização e planejamento urbano sustentável, buscando conectar a teoria ecológica e a prática do manejo arbóreo urbano.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição florística do Guia de Arborização de Pelotas

O Guia de Arborização Urbana de Pelotas é um instrumento técnico-administrativo que orienta a seleção de espécies para arborização das vias da cidade, canteiros centrais, áreas verdes e demais espaços públicos do município. Sua composição florística demonstra as preocupações tanto ecológicas quanto urbanísticas, buscando o crescimento arbóreo com a infraestrutura construída, a segurança dos pedestres e a funcionalidade dos equipamentos urbanos. A partir da análise do documento oficial, observa-se que as espécies estruturantes da arborização proposta estão distribuídas em três categorias principais de porte: pequeno, médio e grande, conforme restrições espaciais e presença de elementos urbanos como fiação elétrica, mobiliário, pavimentação e acessibilidade.

Foram registradas vinte e sete espécies ao total, sendo sete espécies arbóreas de pequeno porte (Quadro 2), onze espécies de médio porte (Quadro 3) e nove espécies de grande porte (Quadro 4). Essa assimetria segue um padrão comum em planejamentos municipais contemporâneos, nos quais a arborização tende a priorizar espécies de menor desenvolvimento para evitar conflitos com fiações aéreas, minimizar danos a calçadas e reduzir custos de poda e manutenção (Dylewski, Maćkowiak & Banaszak-Cibicka, 2020).

Quadro 2 – Espécies de pequeno porte indicadas no Guia de Arborização Urbana de Pelotas, RS.

Espécies arbóreas de pequeno porte		
Nome popular	**Nome científico**	**Período de floração no RS**
Pitangueira	*Eugenia uniflora*	Setembro a novembro
Quaresmeira	*Tibouchina granulosa*	Janeiro a março
Cambuci	*Campomanesia phaea*	Outubro a novembro
Camboim	*Myrciaria delicatula*	Setembro a outubro
Embira	*Daphnopsis racemosa*	Agosto a outubro
Catiguá	*Trichilia catigua*	Outubro a dezembro
Cambuim	*Myrciaria tenella*	Setembro a outubro

Fonte: Autores, adaptado de Secretaria de Qualidade Ambiental, Guia de arborização urbana de Pelotas – Árvore certa no lugar certo, 2025.

Quadro 3 – Espécies de médio porte indicadas no Guia de Arborização Urbana de Pelotas, RS.

Espécies arbóreas de médio porte		
Nome popular	**Nome científico**	**Período de floração no RS**
Ipê amarelo	*Tabebuia Chrysotricha*	Agosto a setembro
Pitosporo	*Pittosporum undulatum*	Agosto a outubro
Murta	*Blepharocalyx salicifolius*	Outubro a dezembro
Pata de vaca	*Bauhinia forficata*	Setembro a novembro
Anacauita	*Schinus molle*	Setembro a dezembro
Chal-chal	*Allophylus edulis*	Outubro a dezembro
Cocão	*Erythroxylum argentinum*	Setembro a novembro
Uvaia	*Eugenia pyriformis*	Agosto a setembro
Camboim Folha Larga	*Myrciaria multiflora*	Setembro a outubro
Tarumã Preto	*Vitex montevidensis*	Novembro a janeiro
Araçazeiro	*Psidium Cattleyanum*	Outubro a dezembro

Fonte: Autores, adaptado de Secretaria de Qualidade Ambiental, Guia de arborização urbana de Pelotas – Árvore certa no lugar certo, 2025.

Quadro 4 – Espécies de grande porte indicadas no Guia de Arborização Urbana de Pelotas, RS.

Espécies arbóreas de grande porte		
Nome popular	**Nome científico**	**Período de floração no RS**
Guabijú	*Myrcianthes pungens*	Setembro a novembro
Louro Pardo	*Cordia trichotoma*	Agosto a outubro
Caroba	*Jacaranda micrantha*	Outubro a dezembro
Jacarandá	*Jacaranda mimosifolia*	Outubro a dezembro
Açoita Cavalo	*Luehea divaricata*	Outubro a janeiro
Ipê Roxo	*Tabebuia avellanedae*	Julho a setembro
Ipê Rosa	*Tabebuia avellanedae*	Julho a setembro
Ipê Branco	*Tabebuia roseo-alba*	Agosto a setembro
Pau Brasil	*Caesalpinia echinata*	Setembro a novembro

Fonte: Autores, adaptado de Secretaria de Qualidade Ambiental, Guia de arborização urbana de Pelotas – Árvore certa no lugar certo, 2025.

Nas espécies de pequeno porte recomendadas pelo guia (Quadro 2) observam-se com frequência representantes da família Myrtaceae, como *Eugenia uniflora* (pitangueira) (Figura 1), *Campomanesia phaea* (cambucizeiro) e *Myrciaria delicatula* (cambuí), é uma ocorrência coerente com o contexto regional e de grande relevância ecológica, já que árvores frutíferas da família Myrtaceae apresentam elevado potencial de suporte a abelhas nativas e outros polinizadores, fornecendo néctar e pólen em períodos relevantes do ano, demonstrando que a composição da flora urbana influencia diretamente a diversidade e abundância de polinizadores, sendo que cidades com maior diversidade de espécies nativas tendem a manter comunidades de abelhas mais estáveis (Dylewski, Maćkowiak & Banaszak-Cibicka, 2020; Silva *et al.*, 2020).

Figura 1 - *Eugenia uniflora* (pitangueira) durante a floração.



Fonte: Quem Poliniza, 2021.

No conjunto de médio porte (Quadro 3), o guia inclui gêneros amplamente conhecidos na arborização urbana brasileira, como a *Tabebuia chrysotricha* (Ipê amarelo), que apresenta diversidade funcional e desempenha um papel crucial no suporte aos serviços ecossistêmicos relacionados à polinização, fornecendo uma variedade de recursos florais que se estendem temporal e morfologicamente, beneficiando polinizadores como abelhas, moscas-das-flores e borboletas. Espaços verdes urbanos com diversas espécies vegetais, incluindo árvores de porte médio e vegetação ripária nativa, aumentam a abundância e a diversidade de polinizadores, oferecendo néctar e pólen, que são vitais para a busca de alimento e a conectividade dos polinizadores em paisagens urbanas fragmentadas (Daniels e*t al.*, 2020).

Já no grupo de grande porte (Quadro 4), o guia apresenta espécies como a *Myrcianthes pungens* (guabijú) como espécies recomendadas, são árvores urbanas de grande porte e longa vida, cruciais para a manutenção da resiliência ecológica nas cidades, proporcionando ampla sombra, resfriamento urbano e habitats para aves e polinizadores, especialmente aqueles que utilizam as camadas superiores da copa. A perda ou ausência dessas árvores pode reduzir esses serviços ecossistêmicos, enfraquecendo a resiliência urbana ao estresse climático e à perda de biodiversidade (Czaja, Kołton & Muras, 2020).

A composição do plantio de árvores urbanas, incluindo a presença de espécies frutíferas e floríferas, desempenha um papel significativo no suporte à biodiversidade urbana e aos serviços ecossistêmicos, como a polinização e os benefícios culturais. Espécies arbóreas diversas e nativas em áreas urbanas melhoram a qualidade do habitat para a vida selvagem, incluindo aves e invertebrados, e aumentam a resiliência do ecossistema contra o estresse climático e a perda de habitat (Liu & Slik, 2022; Sarpong *et al.*, 2025).

A predominância de espécies nativas ou naturalizadas em arborização urbana é importante para a ecologia urbana, pois plantas nativas tendem a suportar uma maior diversidade de polinizadores locais devido a interações coevolutivas, especialmente com abelhas e sirfídeos, essas plantas nativas geralmente promovem benefícios mais significativos para a biodiversidade, justificando sua priorização em projetos de arborização para apoiar a fauna local (Berthon, Thomas & Bekessy, 2021).

Embora plantas exóticas possam fornecer recursos florais abundantes, especialmente em períodos de escassez, elas tendem a atrair menos visitantes e polinizadores especializados do que as nativas, que são essenciais para a estabilidade e diversidade das redes de polinização (Zaninotto; Thébault; Dajoz, 2023). A baixa presença de espécies exóticas na arborização urbana pode reduzir riscos de invasividade e desalinhamentos ecológicos, pois espécies introduzidas nem sempre oferecem recursos florais adequados para polinizadores nativos, podendo até desconectá-los de suas fontes originais de alimento e também a remoção de flora invasora seguida do plantio diversificado de espécies nativas aumenta significativamente a riqueza de polinizadores nativos em ambientes urbanos (Tourbez *et al.*, 2025).

3.2 Serviços ecossistêmicos associados à arborização urbana

A arborização urbana é fundamental para a sustentabilidade ecológica das cidades, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais como regulação do clima, suporte à biodiversidade e melhoria da qualidade ambiental (Sarpong *et al.*, 2025), pode reduzir riscos à saúde pública ao diminuir a abundância de bactérias patogênicas e genes de resistência a antibióticos no solo, promovendo ecossistemas urbanos mais resilientes (Wang *et al.*, 2025).

Ainda neste contexto, a arborização urbana desempenha um papel crucial na regulação do microclima, principalmente na mitigação do efeito das ilhas de calor urbanas (UHI), por meio do sombreamento, evapotranspiração e aumento da cobertura vegetal. Estudos mostram que a infraestrutura verde urbana pode reduzir a temperatura média das cidades europeias em cerca de 1,07 °C, chegando a até 2,9 °C. Para alcançar uma redução de 1 °C, é necessário pelo menos 16% de cobertura (Marando *et al.*, 2022). Além disso, a configuração espacial das árvores também influencia a eficiência da regulação térmica, com plantios em grupo e árvores decíduas apresentando maior capacidade de transpiração e resfriamento do que plantios isolados e árvores perenes (Zhao *et al.*, 2020). Além disso, a escolha das espécies e a densidade da copa são determinantes para o conforto térmico, com árvores de copa densa e tronco curto sendo mais eficazes na redução da temperatura radiante média 4. Em regiões tropicais, intervenções verdes como telhados verdes e paredes verdes podem reduzir a temperatura do ar em até 9-12 °C, contribuindo para o conforto térmico e a redução da demanda por resfriamento artificial (Priya & Senthil, 2021).

Árvores urbanas com copas densas e grande porte, contribuem significativamente para a resiliência climática urbana, fornecendo sombra, resfriamento por meio da transpiração e sequestro de carbono, o que ajuda a mitigar ondas de calor e os efeitos de ilha de calor urban, comuns em cidades como Pelotas, que sofrem com verões quentes e ondas de calor (Yu *et al.*, 2025), onde seleção de espécies é crucial , pois algumas árvores demonstram maior crescimento e resiliência, em condições quentes e secas, indicando potencial de adaptação ao calor urbano e ao estresse hídrico, enquanto outras podem enfrentar riscos climáticos, aumentados devido à incompatibilidade com as condições climáticas futuras (Esperón-Rodríguez *et al.*, 2025).

Árvores urbanas à beira de estradas expostas a emissões veiculares, demonstram resiliência adaptativa e tolerância à poluição variáveis, sendo que espécies com maior tolerância proporcionam melhor mitigação dos estressores climáticos urbanos (Esperón-Rodríguez *et al.*, 2025; Malik *et al.,*2025). Em suma, o planejamento

estratégico, que integra as respostas das espécies ao clima e ao crescimento, a diversidade genética, a tolerância à poluição e a aceitação social, é essencial para aumentar a resiliência das árvores urbanas e maximizar seu papel na adaptação climática, em cidades que enfrentam eventos de calor e seca intensificados (Malik *et al.,* 2025).

Entre os serviços de provisão, embora menos associados à arborização em espaços públicos, destaca-se a produção de frutos, observada em espécies nativas presentes no Guia de Arborização de Pelotas, como *Eugenia uniflora* (Figura 2) e *Psidium cattleyanum* (Figura 3), que fornecem alimento para aves frugívoras, pequenos mamíferos e, eventualmente, para a própria população urbana, essas espécies ampliam as interações ecológicas locais, promovendo serviços ecossistêmicos secundários, como dispersão de sementes e ciclagem de nutrientes (Grafius *et al.,* 2020). Esse aspecto é particularmente relevante no âmbito dos serviços ecossistêmicos culturais associados à polinização, pois a presença evidente de abelhas, borboletas e beija-flores em áreas urbanas contribui para a compreensão pública sobre a importância desses organismos na manutenção dos sistemas ecológicos e alimentares (Theodorou *et al.,* 2020). a diversidade e abundância de polinizadores urbanos são influenciadas por características locais, como a disponibilidade de flores e recursos de nidificação, e pela configuração da paisagem, com espaços verdes urbanos promovendo a conservação e os serviços de polinização (Wenzel *et al.*, 2020).

Figura 2 - Frutos da *Eugenia uniflora* (Pitangueira).



Fonte: Sérgio Bordignon:, Flora Digital do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 2014.

Figura 3 - Frutos de *Psidium cattleyanum* (Araçá).



Fonte: Juliano de Oliveira Nunes, Flora Digital do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 2015.

3.3 Origem biogeográfica e implicações ecológicas

A origem biogeográfica das espécies vegetais instaladas em ambientes urbanos exerce influência profunda sobre a funcionalidade ecológica das áreas verdes. No contexto da arborização urbana, compreender se as árvores são nativas ou exóticas não se restringe à simples classificação taxonômica. Essa distinção está diretamente relacionada à sua capacidade de interagir com outros elementos bióticos, particularmente a fauna de polinizadores, e de contribuir para a resiliência ecológica da paisagem urbana. A funcionalidade ecológica de árvores nativas versus exóticas em ambientes urbanos apresenta complexas relações de compromisso que afetam a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e a resiliência (De Carvalho *et al.*, 2020).

O Guia de Arborização Urbana de Pelotas apresenta uma predominância de espécies nativas do Brasil, principalmente de biomas como o Pampa e a Mata Atlântica, conhecidos por sua alta biodiversidade e longa história evolutiva de interações planta-polinizador e isso está em consonância com descobertas mais amplas no sul do Brasil, onde espécies nativas são incentivadas no reflorestamento urbano para manter a biodiversidade e a resiliência ecológica, como observado em estudos focados no domínio da Mata Atlântica (Elias, Citadini-Zanette & Santos, 2020). Espécies como *Eugenia uniflora*, *Campomanesia phaea*, *Myrcianthes pungens*, *Jacaranda micrantha* e *Cordia trichotoma* são nativas da Mata Atlântica no sul do Brasil e apresentam adaptações específicas às condições climáticas e edáficas da região. A *Eugenia uniflora*, por exemplo, demonstra sensibilidade a substâncias atmosféricas como o ozônio, mas possui mecanismos metabólicos que ajudam a mitigar danos oxidativos, proporcionando uma adaptação fisiológica complexa ao ambiente local (Engela *et al.*, 2021). Essas espécies também desenvolveram relações coevolutivas com polinizadores como abelhas, sírfidos, borboletas e aves nectarívoras, o que favorece a reprodução e a manutenção da biodiversidade regional. A diversidade funcional dessas plantas, incluindo características como massa de sementes, densidade da madeira e persistência foliar, contribui para sua resiliência em ambientes urbanos e naturais do sul do Brasil (Kanieski *et al.*, 2025).

A presença de espécies nativas em áreas urbanas está associada a uma maior compatibilidade ecológica com polinizadores locais, pois esses polinizadores demonstram preferência e uso mais eficiente dos recursos florais nativos, como néctar e pólen, em comparação com espécies exóticas, plantas nativas atraem mais visitas e maior diversidade de polinizadores, desempenhando papel central na sustentação da biodiversidade de polinizadores em ambientes urbanos (Ayala-Azcárraga *et al.*, 2025). Embora as plantas exóticas possam fornecer recursos florais abundantes, especialmente em períodos de escassez, elas tendem a envolver interações mais generalistas e menos especializadas, contribuindo para a estabilidade da rede, mas com menor atratividade para polinizadores (Zaninotto, Thébault & Dajoz, 2023). Diversidade floral e a presença de espécies nativas em parques e jardins urbanos melhoram a qualidade do habitat para polinizadores, favorecendo a conservação e os serviços ecossistêmicos que eles prestam e além disso, a gestão de áreas verdes urbanas que combina espécies nativas com especificações de forma estratégica pode maximizar a disponibilidade de recursos e a resiliência dos ecossistemas urbanos, nesse sentido, a inclusão e valorização de espécies nativas em projetos paisagísticos urbanos são fundamentais para promover a compatibilidade ecológica e o suporte eficaz aos polinizadores locais (Ayala-Azcárraga *et al.*, 2025; Zaninotto, Thébault & Dajoz, 2023).

A origem biogeográfica das árvores urbanas influencia diretamente os serviços ecossistêmicos associados à arborização, como o fornecimento contínuo de recursos florais, suporte à fauna, conectividade ecológica e estabilidade ambiental. Estudos indicam que o uso de espécies nativas, adaptadas às condições locais e ao clima futuro, é fundamental para garantir a resiliência e a funcionalidade dos ecossistemas urbanos, especialmente diante das mudanças climáticas (Gala e*t al.*, 2025).

A disposição espacial das árvores e a composição florística também são influenciadas pela origem biogeográfica, afetando a capacidade das áreas urbanas de funcionarem como corredores ecológicos para a fauna e facilitando a migração de espécies em resposta ao aquecimento global, o que torna crucial uma escolha consciente da origem biogeográfica das árvores, para maximizar os benefícios ambientais e sociais da arborização urbana (Han & Keeffe, 2021).

3.4 Floração e oferta de recursos florais

A dinâmica de estabilidade e a oferta de recursos florais em árvores urbanas são fundamentais para sustentar a biodiversidade, especialmente para polinizadores, pois espécies nativas e diversas atraem mais fauna e promovem serviços ecossistêmicos essenciais (Liu & Slik, 2022).

As árvores urbanas apresentam características sazonais e previsíveis, o que influencia a disponibilidade de néctar e pólen em diferentes épocas do ano, sendo recursos importantes para polinizadores em ambientes urbanos (Chrzanowska *et al.*, 2024). A dispersão do pólen em áreas urbanas pode ser modelada com base na liberação individual das árvores, o que ajuda a entender a variação espacial da concentração de pólen e a exposição humana aos aeroalérgenos (Katz, Baptist & Batterman, 2023), Além disso, polinizadores urbanos, incluindo abelhas e moscas, utilizam pólen de árvores comuns como carvalhos, bordos e outras espécies, sendo que a presença de árvores isoladas pode funcionar como "ilhas verdes" importantes para a manutenção da polinização em ambientes urbanos fragmentados (Splitt *et al.*, 2021).

Do ponto de vista fenológico, muitas das espécies recomendadas no Guia de Arborização Urbana, da cidade de Pelotas, apresentam floração distribuída ao longo das estações mais quentes, coincidindo com os períodos de maior atividade e disponibilidade de polinizadores. Espécies como *Eugenia uniflora* (primavera-verão), *Campomanesia phaea* (verão), *Jacaranda micrantha* (primavera) e *Tabebuia chrysotricha* (outono-inverno) ilustram um padrão importante: a complementaridade temporal da floração, que reduz lacunas sazonais no fornecimento de recursos florais beneficiando a atividade dos polinizadores, a combinação de espécies com diferentes períodos de instabilidade (Von Königslöw, Fornoff & Klein, 2022).

Espécies da família Myrtaceae, como *Eugenia uniflora* e *Campomanesia phaea*, são importantes fornecedoras de recursos florais devido ao seu néctar concentrado e pólen rico em nutrientes, que atraem uma variedade de abelhas, incluindo abelhas nativas sem ferrão (*Meliponini)*, abelhas solitárias e a generalista *Apis mellifera.* Estudos utilizando metabarcoding de pólen e mel confirmam que Myrtaceae, juntamente com outras famílias como Asteraceae, dominam os recursos florais explorados por abelhas sem ferrão em regiões tropicais, destacando sua preferência por abundantes recursos arbóreos florestais, mesmo a longas distâncias (Martins *et al.*, 2023).

A qualidade dos recursos florais, incluindo o teor de proteína do pólen e as características do néctar, influencia os padrões de visitação das abelhas. Há algumas evidências de que as abelhas preferem flores com morfologia floral acessível e pólen de alta qualidade, embora isso varie de acordo com a espécie de abelha (Murray e*t al.*, 2024).

As árvores frutíferas nativas em ambientes urbanos da América Latina, frequentemente incluindo mirtáceas, são altamente atrativas para as abelhas, contribuindo para a manutenção da diversidade funcional entre os visitantes florais. De modo geral, as espécies da família Myrtaceae servem como recursos florais cruciais que sustentam diversas comunidades de abelhas, fornecendo néctar e pólen abundantes e de alta qualidade, essenciais para a saúde das abelhas e a conservação da biodiversidade em paisagens tropicais e urbanas (Bishop *et al.*, 2024).

A presença de flores tubulares e nectaríferas em áreas urbanas, especialmente em jardins, aumenta a diversidade e disponibilidade de recursos para polinizadores, ampliando os serviços ecossistêmicos urbanos, embora a contribuição de plantas exóticas seja significativa e influencie a estrutura das redes de interação. Espécies da família Bignoniaceae, incluindo *Tabebuia* spp**,** possuem flores tubulares com néctar abundante, características que atraem tanto abelhas quanto aves nectarívoras como beija-flores, favorecendo a polinização cruzada e a dispersão de pólen em ambientes urbanos. Estudos em áreas urbanas brasileiras mostram que Bignoniaceae são importantes para a manutenção de interação de beija-flores, que visitam diversas espécies nativas e exóticas, contribuindo para redes de interação complexas e resilientes entre plantas e polinizadores (Sánchez & Lara, 2024).

Espécies de plantas nativas do sul do Brasil exibem períodos de floração variados que sustentam a atividade de polinizadores ao longo das estações do ano. Por exemplo, espécies como *Eugenia uniflora* e *Campomanesia phaea* florescem da primavera ao verão, fornecendo recursos para abelhas nativas e melíferas, enquanto *Bauhinia forficata* florescem no final do inverno e na primavera, épocas cruciais para abelhas e beija-

flores. Outras espécies nativas, como *Blepharocalyx salicifolius* e *Psidium cattleianum,* ampliam a disponibilidade de recursos florais em áreas urbanas. Muitas plantas nativas dependem de abelhas nativas e outros polinizadores para a reprodução, com algumas espécies apresentando sistemas de polinização especializados que envolvem abelhas solitárias coletoras de óleo ou himenópteros nativos, enquanto outras atraem uma gama mais ampla de polinizadores, incluindo abelhas melíferas e beija-flores (Brandalise *et al.,* 2025).

Em síntese, a floração e a oferta de recursos florais das espécies arbóreas recomendadas pelo Guia de Arborização de Pelotas apresentam características ecologicamente favoráveis à manutenção de polinizadores urbanos, oferecendo uma combinação de recursos nutritivos, distribuição temporal complementar e acessibilidade floral. Tais atributos reforçam o potencial da arborização urbana como componente da infraestrutura ecológica das cidades, contribuindo para a conservação da biodiversidade e para a promoção de serviços ecossistêmicos essenciais.

3.5 Espécies arbóreas e polinizadores associados

A interação entre plantas e polinizadores é fundamental para a manutenção da biodiversidade, pois cerca de 85% das angiospermas necessitam desses animais para reprodução, influenciando a estrutura e estabilidade dos ecossistemas (Monteiro *et al.*, 2025). Além disso, processos neutros (como abundância floral) e baseados em nicho (fenologia e morfologia das flores) influenciam as interações indiretas entre plantas via polinizadores, contribuindo para a estabilidade das redes ecológicas (He *et al.*, 2025).

Polinizadores são um grupo funcional diverso que inclui abelhas sociais e solitárias, borboletas, besouros, sírfidos, morcegos, aves nectarívoras como beija-flores, e até mamíferos não voadores em alguns ecossistemas. Abelhas são os polinizadores mais comuns e eficazes, contribuindo significativamente para a produção agrícola global, especialmente em culturas como a maçã, onde a diversidade de abelhas silvestres melhora a qualidade e a quantidade dos frutos (Khalifa *et al.,* 2021). Os polinizadores exibem preferências diversas por tipos de flores, padrões de floração e estrutura da vegetação, influenciados por seus grupos funcionais e características florais. De modo geral, as preferências dos polinizadores são moldadas por uma interação complexa entre a morfologia floral, as características de recompensa, o momento da floração e o contexto ambiental, resultando em padrões tanto de especialização quanto de generalização entre os grupos de polinizadores (Gómez *et al.*, 2025).

A avaliação das espécies arbóreas recomendadas no Guia de Arborização de Pelotas revela um conjunto de associações potenciais com diferentes grupos de polinizadores:

Espécies como *Eugenia uniflora*, e *Psidium cattleyanum* produzem flores que oferecem néctar e pólen em detalhes elevados, o que atrai tanto abelhas sociais como *Apis mellifera* quanto abelhas nativas sem ferrão (*Meliponini),* como a *Tetragonisca angustula* (Jataí), Figura 4, que é nativa do Brasil, reconhecida por se adaptar a diversos ambientes, e também espécies solitárias. Um néctar, rico em açúcares, é geralmente o principal atrativo para polinizadores, influenciando fortemente o comportamento de forrageamento das abelhas, enquanto o pólen fornece nutrientes essenciais para o desenvolvimento das colônias, especialmente para as abelhas sem ferrão que conhecem pólen com alto teor proteico (Adler e*t al.*, 2025; Embrapa, 2025).

Figura 4 - *Tetragonisca angustula* (Jataí) Abelha melípona.



Fonte: Embrapa, 2025.

As borboletas são geralmente atraídas por flores com plataformas amplas e cores vibrantes, características marcantes de várias espécies indicadas no Guia de Arborização de Pelotas, como do *Jacaranda mimosaefolia* os estímulos visuais são um fator primordial na atração de borboletas, frequentemente reforçados por sinais olfativos (Lehner, Schulz & Dötterl, 2022).

Os *Sírfidos,* ou moscas-abelha, são polinizadores importantes em ambientes urbanos, contribuindo significativamente para a polinização de diversas plantas, incluindo aquelas em jardins e áreas verdes urbanas. A riqueza e abundância dessas moscas estão relacionadas à qualidade e extensão das áreas verdes, como parques e praças, espaços verdes bem manejados favorecem sua diversidade e serviços ecossistêmicos (Barahona-Segovia *et al.*, 2025).

Em espécies como *Tabebuia avellanedae*, *Tabebuia avellanedae* e *Tabebuia chrysotricha*, a produção de néctar é um fator mais determinante para a visitação de aves do que as características florais tradicionais da síndrome de polinização por aves, como cor e forma, indicando uma relação assimétrica entre plantas e aves nectarívoras (Chmel *et al.*, 2021). Assim como os Beija-flores e outras aves nectarívoras são atraídas por flores tubulares que produzem grande quantidade de néctar e apresentam cores vibrantes, características que favorecem a polinização cruzada e também contribuem para a estética paisagística urbana. A relação entre aves e flores é influenciada pelo encaixe morfológico entre o comprimento do bico das aves e o tubo floral, sendo que aves com bicos mais curtos podem recorrer ao roubo de néctar, acessando o néctar por fora da flor, especialmente em flores tubulares longas (Hewes; Rico-Guevara; McWhorter, 2025).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do Guia de Arborização da cidade de Pelotas, RS, evidenciou que a arborização urbana local é planejada com base em critérios técnicos e ecológicos, e apresenta um conjunto considerável de espécies nativas dos biomas Pampa e Mata Atlântica. Escolha que favorece a compatibilidade ecológica entre a vegetação urbana e a fauna associada, especialmente no que se refere aos polinizadores, contribuindo para a manutenção e ampliação da biodiversidade em meio ao ambiente urbano. Nesse contexto, a arborização deixa de ser entendida apenas como componente paisagístico e passa a ser reconhecida como infraestrutura ecológica capaz de sustentar processos ecossistêmicos relevantes.

Os resultados mostraram que, muitas das espécies recomendadas possuem potencial para ofertar recursos florais ao longo do ano, atendendo diferentes guildas de polinizadores, como abelhas, borboletas, sírfidos e aves nectarívoras. Esses elementos reforçam a importância do planejamento arbóreo urbano para a manutenção de interações ecológicas essenciais, como a polinização, ao mesmo tempo em que destacam a necessidade de ajustes em termos de fenologia e diversidade estrutural, visando reduzir lacunas temporais na oferta de néctar e pólen, sobretudo no período outono-inverno.

Agradecimentos

Ao Grupo de Estudos e Soluções Ambientais (GESA) e Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

REFERÊNCIAS

Adler, M., Ajhuacho-Villalobos, M., Flores-Prado, L., Benitez-Vieyra, S., Collao-Alvarado, K., & Pinto, C. (2025). Capsicum minutiflorum (Solanaceae) pollen dominance in stingless bee hives: Insights into protein composition and foraging behavior of four Meliponini species from the Bolivian-Tucumano forest. *Journal of Hymenoptera Research*. https://doi.org/10.3897/jhr.98.138703.

Ayala-Azcárraga, C., Hinojosa-Díaz, I. A., Segura, O., Pacheco-Muñoz, R., Larrucea-Garritz, A., & Díaz, D. (2025). Evaluation of sustainable landscape design: Presence of native pollinators in an urban park in Mexico City, Mexico. *Sustainability*, 17(2), 799. https://doi.org/10.3390/su17020799.

Barahona-Segovia, R., Chinga, J., Durán-Sanzana, V., Alfaro, E., Murúa, M., & Pañinao-Monsálvez, L. (2025). Syrphids in the city: A 10-year citizen science program sheds light on how the greenness and quality of green spaces impact flower flies. *Journal of Applied Entomology*, 149. https://doi.org/10.1111/jen.13410.

Berthon, K., Thomas, F., & Bekessy, S. (2021). The role of 'nativeness' in urban greening to support animal biodiversity. Landscape and Urban Planning, 205, 103959. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103959.

Bishop, G. A., Fijen, T. P. M., Raemakers, I., Van Kats, R. J. M., & Kleijn, D. (2024). Bees go up, flowers go down: Increased resource limitation from late spring to summer in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 61(3), 431–441. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14576.

Brandalise, J. de M., Calderon-Quispe, F. H., Becker, R., Pittella, R., Moura, J. P., Farias-Singer, R., & Singer, R. B. (2025). Understanding the reproductive biology of Angelonia integerrima Spreng. (Plantaginaceae), a native Southern Brazilian plant with horticulturally desirable traits. *Plants*, 14(5), Article 663. https://doi.org/10.3390/plants14050663.

Chmel, K., Ewome, F., Gómez, G., Klomberg, Y., Mertens, J., Tropek, R., & Janěcek, Š. (2021). *Bird pollination syndrome is the plant's adaptation to ornithophily, but nectarivorous birds are not so selective*. Oikos. https://doi.org/10.1111/oik.08052.

Chrzanowska, E., Denisow, B., Strzałkowska-Abramek, M., Dmitruk, M., Winiarczyk, K., & Bożek, M. (2024). *Nectar and pollen in Acer trees can contribute to improving food resources for pollinators. Scientific Reports*, 14. https://doi.org/10.1038/s41598-024-78355-w.

Czaja, M., Kołton, A., & Muras, P. (2020). The complex issue of urban trees—Accumulation of stress factors and possibilities of ecological services. *Forests*, 11(9), 932. https://doi.org/10.3390/f11090932.

Daniels, B., Jedamski, J., Ottermanns, R., & Roß-Nickoll, M. (2020). A "bee plan" for cities: Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces. *PLoS ONE*, 15(7), e0235492. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235492.

De Carvalho, C., Raposo, M., Pinto-Gomes, C., & Matos, R. (2022). Native or exotic: A literature review of the debate on ecological science methodologies—Valuable lessons for urban green space design. *Land*, 11(8), 1201. https://doi.org/10.3390/land11081201.

Dylewski, Ł., Maćkowiak, Ł., & Banaszak-Cibicka, W. (2020). Linking pollinators and city flora: How vegetation composition and environmental features shape pollinator composition in urban environments. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126795. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126795.

Elias, G. A., Citadini-Zanette, V., & Santos, R. (2020). Árvores nativas para arborização urbana no sul de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 15(5), 12. https://doi.org/10.33240/rba.v15i5.22907.

Embrapa. (2025). *Abelha melípona Jataí (Tetragonisca angustula) [Photograph*]. Retrieved from https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/7142001/abelha-melipona-jatai

Engela, M. R. G. da S., Furlan, C. M., Esposito, M. P., Fernandes, F. F., Carrari, E., Domingos, M., Paoletti, E., & Hoshika, Y. (2021). Metabolic and physiological alterations indicate that the tropical broadleaf tree Eugenia uniflora L. is sensitive to ozone. *Science of the Total Environment*, 769, 145080. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145080.

Esperón-Rodríguez, M., Brookhouse, M., Power, S., Avi, D., Baer, T., Rymer, P., & Tjoelker, M. (2025). *Urban tree growth and drought responses show evidence of climate resilience*. Global Change Biology, 31. https://doi.org/10.1111/gcb.70281.

Flora Digital (Universidade Federal de Santa Catarina). (2014), Eugenia uniflora, Sérgio Bordignon. Flora Digital. https://floradigital.ufsc.br/open_sp.php?img=11820

Flora Digital (Universidade Federal de Santa Catarina). (2015.). Psidium cattleyanum Sabine. Flora Digital. https://floradigital.ufsc.br/open_sp.php?img=15031.

Gala, C., Curci, G., Pace, L., Marucci, A., Falasca, F., & Del Tosto, D. (2025). A method for preliminary assessment of climate-change vulnerability of tree species for urban reforestation. *Scientific Reports*, 15. https://doi.org/10.1038/s41598-025-13806-6.

Gómez, J., Navarro, L., González-Megías, A., Armas, C., Perfectti, F., Caravantes, Á., & Sánchez, R. (2025). Pollination effectiveness affects the degree of generalization of a plant species with phenotypically plastic flowers. *AoB Plants*, 17. https://doi.org/10.1093/aobpla/plae065.

Grafius, D., Edmondson, J., Norton, B., Clark, R., Mears, M., Leake, J., Corstanje, R., Harris, J., & Warren, P. (2020). Estimating food production in an urban landscape. *Scientific Reports*, 10. https://doi.org/10.1038/s41598-020-62126-4.

Han, Q., & Keeffe, G. (2021). Promoting climate-driven forest migration through large-scale urban reforestation. *Landscape and Urban Planning*, 212, Article 104124. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104124.

He, Y., Lázaro, A., Bergamo, P., Liang, H., Yang, C., & Ye, Z. (2025). Unraveling the mechanisms behind indirect plant interactions via shared pollinators: Effects of neutral and niche-based processes. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1111/1365-2745.70184.

Hewes, A., Rico-Guevara, A., & McWhorter, T. (2025). Nectar-feeding behavior in the Mallee ringneck, Barnardius zonarius barnardi. Ecology and Evolution, 15. https://doi.org/10.1002/ece3.70674.

Khalifa, S., Elshafiey, E., Shetaia, A., El-Wahed, A., Algethami, A., Musharraf, S., Alajmi, M., Zhao, C., Masry, S., Abdel-Daim, M., Halabi, M., Kai, G., Naggar, Y., Bishr, M., Diab, M., & El-Seedi, H. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for agricultural production. *Insects*, 12. https://doi.org/10.3390/insects12080688.

Kanieski, M., Fockink, G., Zangalli, C., Gomes, J., Milani, J., Mondin, C., & Paquette, A. (2025). Native species of the Atlantic Forest for urban environments based on functional groups: an approach to make cities in southern Brazil more resilient (preprint). bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2025.04.14.648749.

Katz, D., Baptist, A., & Batterman, S. (2023). Modeling urban-scale airborne pollen concentrations with pollen release from individual trees. *Aerobiologia,* 1–13. https://doi.org/10.1007/s10453-023-09784-9.

Lehner, S., Schulz, S., & Dötterl, S. (2022). The mystery of Buddleja davidii: How are butterflies attracted? Frontiers in Plant Science, 13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994851.

Li, W., Wang, Y., Xie, S., & Cheng, X. (2021). Coupling coordination analysis and spatiotemporal heterogeneity between urbanization and ecosystem health in Chongqing municipality, China. *Science of the Total Environment*, 791, 148311. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148311.

Liang, H., He, Y.-D., Theodorou, P., & Yang, C.-F. (2023). The effects of urbanization on pollinators and pollination: A meta-analysis. *Ecology Letters*, 26(9), 1629–1642. https://doi.org/10.1111/ele.14277.

Liu, J., & Slik, F. (2022). Are street trees friendly to biodiversity? *Landscape and Urban Planning*, 218, 104304. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104304.

Malik, A., Singh, H., Kumari, G., Kumar, K., Shah, S., & Barthwal, S. (2025). Unveiling the adaptive resilience, tolerance mechanisms, and mitigation potential of roadside tree species in relation to vehicular emissions in urban habitats. *Chemosphere*, 373, 144184. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144184.

Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., Parastatidis, D., & Maes, J. (2022). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103564. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564.

Martins, A., Proença, C., Vasconcelos, T., Aguiar, A., Farinasso, H., De Lima, A., Faria, J., Norrana, K., Costa, M., Carvalho, M., Dias, R., Bustamante, M., Carvalho, F., & Keller, A. (2023). Padrões contrastantes de comportamento de forrageamento em abelhas sem ferrão neotropicais usando metabarcoding de pólen e mel. *Relatórios Científicos*, 13. https://doi.org/10.1038/s41598-023-41304-0.

Monteiro, B., Souza, C., Maruyama, P., Camargo, M., & Morellato, L. (2025). Applying plant–pollinator networks to identify priority species for conservation in a biodiversity hotspot. *Biological Conservation*. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.110979.

Murray, A., McKim, K., Khalil, A., Chen, X., Chen, F., & Russo, L. (2024). Resource accessibility and quality drive flower visitation patterns among native perennial species. *Apidologie*, 55, 1–17. https://doi.org/10.1007/s13592-023-01045-5.

Na, S., Park, J., Kwon, H., & Kim, Y. (2025). Assessment of Floral Nectar and Amino Acid Yield in Eight Landscape Trees for Enhanced Pollinator Food Resources in Urban Forests. *Plants*, 14. https://doi.org/10.3390/plants14131924.

Ouyang, X., Tang, L., Wei, X., & Li, Y. (2021). Spatial interaction between urbanization and ecosystem services in Chinese urban agglomerations. *Land Use Policy*, 109, 105587. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105587.

Pereira Neto, F., Rieth, F., & Alfonso, L. (2019). Pelotas-RS pelas suas margens: A patrimonialização como expressão das múltiplas formas de habitar a cidade. *Barbaróí*, 63–75. https://doi.org/10.17058/barbaroi.v0i0.14593.

Priya, U. K., & Senthil, R. (2021). A review of the impact of the green landscape interventions on the urban microclimate of tropical areas. *Building and Environment*, 205, 108190. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108190.

Quem Poliniza. (2021, 20 de novembro). Pitanga: florada, polinização, autoincompatibilidade e como garantir mais frutos. Quem Poliniza. https://quempoliniza.blog/pitanga/.

Rakholia, S., Yosef, R., Yadav, N., Karimloo, L., Pleitner, M., & Kothari, R. (2025). TreeGrid: A spatial planning tool integrating tree species traits for biodiversity enhancement in urban landscapes. *Animals*, 15(13), 1844. https://doi.org/10.3390/ani15131844.

Sánchez, S., & Lara, C. (2024). Exotic and native plants play equally important roles in supporting and structuring plant–hummingbird networks in urban green spaces. PeerJ, 12. https://doi.org/10.7717/peerj.16996.

Sarpong, C. K., Tachie, P. O., Abambire, W., Frimpong, D., & Arkoh, S. H. (2025). The importance of urban green infrastructure in promoting pollinator biodiversity and enhancing community well-being in Ghanaian megacities. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 51(10), 496–519. https://doi.org/10.9734/ajess/2025/v51i102510.

Secretaria de Qualidade Ambiental. (n.d.). Guia de arborização urbana – Árvore certa no lugar certo. Prefeitura Municipal de Pelotas.

Sharmin, M., Tjoelker, M. G., Esperon-Rodriguez, M., Katlav, A., Gilpin, A.-M., Rymer, P. D., & Power, S. A. (2024). Urban greening with shrubs can supercharge invertebrate abundance and diversity. Scientific Reports, 14, 8735. https://doi.org/10.1038/s41598-024-58909-8.

Silva, J. L. S., Oliveira, M. T. P. de, Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., & Lopes, A. V. (2021). Plant–pollinator interactions in urban ecosystems worldwide: A comprehensive review including research funding and policy actions. *Ambio*, 50(4), 884–900. https://doi.org/10.1007/s13280-020-01410-z.

Splitt, A., Skórka, P., Strachecka, A., Borański, M., & Teper, D. (2021). Mantenha árvores para abelhas: Coleta de pólen por Osmia bicornis ao longo do gradiente de urbanização. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64, 127250. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127250.

Theodorou, P., Radzevičiūtė, R., Lentendu, G., Kahnt, B., Husemann, M., Bleidorn, C., Settele, J., Schweiger, O., Grosse, I., Wubet, T., Murray, T., & Paxton, R. (2020). Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects. *Nature Communications*, 11. https://doi.org/10.1038/s41467-020-14496-6.

Tourbez, C., De Manincor, N., Ghisbain, G., & Michez, D. (2025). Attractiveness of exotic invasive plants can disconnect native plants from their floral visitors. Oikos. https://doi.org/10.1002/oik.11482.

Wang, Y., Ho, P., & Peng, C. (2025). Ideological enlightenment and practices of sustainable afforestation and urban greening: Historical insights from modern Guangdong, China. *Land*, 14(9), 1850. https://doi.org/10.3390/land14091850.

Wang, W., Wu, T., Li, Y., Xie, S., Han, B., Zheng, H., & Ouyang, Z. (2020). Urbanization impacts on natural habitat and ecosystem services in the Guangdong–Hong Kong–Macao megacity. *Sustainability*, 12(16), 6675. https://doi.org/10.3390/su12166675.

Wang, M., Masoudi, A., Wang, C., Feng, J., Yu, Z., & Liu, J. (2025). Urban afforestation converges soil resistome and mitigates the abundance of human pathogenic bacteria. *Environmental Research*, 242, 121693. https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121693.

Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V., & Tscharntke, T. (2020). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108321. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321.

Von Königslöw, V., Fornoff, F., & Klein, A. (2022). Wild bee communities benefit from temporal complementarity of hedgerows and flower strips in apple orchards. *Journal of Applied Ecology*. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14277.

Yu, Z., Li, S., Yang, W., Chen, J., Rahman, M., Wang, C., Yao, W., Yao, X., Xiong, J., Xu, C., Zhou, Y., Chen, J., Huang, K., Gao, X., Fensholt, R., Weng, Q., & Zhou, W. (2025). Enhancing climate-driven urban cooling through trees with targeted non-climate interventions. *Environmental Science & Technology*. https://doi.org/10.1021/acs.est.4c14275.

Zaninotto, V., Thébault, E., & Dajoz, I. (2023). Native and exotic plants play different roles in urban pollination networks across seasons. *Oecologia*, 201(2), 525–536. https://doi.org/10.1007/s00442-023-05324-x.

Zhao, D., Lei, Q., Shi, Y., Wang, M., Chen, S., Shah, K., & Ji, W. (2020). Role of species and planting configuration on transpiration and microclimate for urban trees. *Forests*, 11(8), 825. https://doi.org/10.3390/f11080825.