

MARIA DAIZA DE SOUSA ALVES

INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL EM ÁRVORES URBANAS

RECIFE

Pernambuco- Brasil

Janeiro– 2025

MARIA DAIZA DE SOUSA ALVES

INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL EM ÁRVORES URBANAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto

RECIFE

Pernambuco-Brasil

Janeiro- 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema
Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

A474i Alves, Maria Daiza de Sousa.
Interceptação pluvial em árvores urbanas / Maria
Daiza de Sousa Alves. – Recife, 2025.
85 f.; il.

Orientador(a): Everaldo Marques de Lima Neto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação
em Ciências Florestais, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Bacias hidrográficas. 2. Escoamento superficial.
3. Serviços ambientais. I. Lima Neto, Everaldo
Marques de, orient. II. Título

CDD 634.9

MARIA DAIZA DE SOUSA ALVES

INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL EM ÁRVORES URBANAS

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Angeline Martini
(Universidade Federal de Viçosa– UFV)

Prof. Dra. Ana Paula Donicht Fernandes
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE)

Orientador:

Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE)

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Janeiro – 2025

Dedicatória

Aos meus pais, que sempre se colocaram ao sol para que eu pudesse caminhar à sombra, oferecendo-me apoio e força em cada passo. Tudo que sou e conquistei é reflexo dos sacrifícios que fizeram por mim.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que muitas vezes restaurou minha fé e me mostrou que devemos enfrentar as adversidades da vida. A Nossa Senhora de Nazaré, que intercedeu pelos meus pedidos.

Aos meus pais, José Arteiro Alves e Francisca de Sousa, que, apesar de todas as lutas, sempre fizeram o possível para que eu realizasse meus objetivos e, mesmo com a saudade, compreenderam os motivos da minha partida.

As minhas crianças, Beatriz e Lucas, que mesmo sem entender foram minha motivação para não desistir nesses dois anos morando longe.

Às duas pessoas que não estão mais presentes fisicamente, mas sei que, onde quer que estejam, estão felizes pela minha conquista: minha avó Maria Aniceta e minha tia Ieda Cruz.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Everaldo Marques, obrigada por todo o conhecimento transmitido.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFRPE pela valiosa contribuição na minha formação acadêmica, em especial ao Prof. Dr. Emanuel Araújo, a Frank Silva e a Juliana Ferreira.

A todas as pessoas que passaram pela minha vida durante esse ciclo, em especial aos meus queridos e “opressados” amigos: Erika Nonato, Naldiran Carvalho e Sara Nogueira; e à pequena peruana Camila, que, mesmo sem entender, era meu ânimo nos dias mais difíceis.

Aos meus amigos do Pará em especial a Bruno Maia, Denise Mendes, Jéssyka Oliveira, Laura Costa, Rita Nascimento e Thaiana Assis, que sempre se fizeram presente durante esse ciclo.

Ao Prof. Dr. Ênio Silva e a Edimir Ferraz, pela disponibilização dos dados meteorológicos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Obrigada!

EPÍGRAFE

“Quem deseja ver o arco-íris, precisa aprender a gostar da chuva”.

Paulo Coelho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 PLANEJAMENTO DAS CIDADES E A DRENAGEM URBANA	16
2.2 OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM FLORESTAS URBANAS.....	18
2.3 CARACTERÍSTICAS E ESCOLHA DA ESPÉCIE NA ARBORIZAÇÃO.....	20
2.3.1 Dendrométrie em Pesquisas de Arborização	21
2.3.2 Morfometria de árvores urbanas	22
2.4 COMPONENTES DA INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL NA ARBORIZAÇÃO URBANA	24
2.4.1 Precipitação Bruta.....	24
2.4.2 Precipitação interna	24
2.4.3 Interceptação sob as copas.....	25
REFERÊNCIAS	25

CAPITULO 1 DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DE INDIVÍDUOS DE *Paubrasilia echinata*, e *Senna siamea* (Lam.), NA ARBORIZAÇÃO URBANA

1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
2.2.1 Seleção de espécies	37
2.2.2 Delineamento Experimental	39
2.3 MENSURAÇÃO DAS ÁRVORES SELECIONADAS	39
2.3.1 Cálculo de permeabilidade e volume de copa	40
2.4 Índices Morfométricos	41
2.5 Análise de Dados.....	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1 ANÁLISE DENDROMÉTRICA	42
3.2 PERMEABILIDADE DE COPA E VOLUME DE COPA	44
3.3 ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	46
3.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS E VARIÁVEIS DE PERMEABILIDADE E VOLUME DE COPA	48

4. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	51
CAPITULO 2 CAPACIDADE DE INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DAS ESPÉCIES	
<i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i>	
1 INTRODUÇÃO	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	60
2.2 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES	61
2.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	62
2.4 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA	62
2.4.1 Caracterização dos eventos chuvosos e Precipitação bruta.....	62
2.4.2 Confeção dos pluviômetros	62
2.4.3 Análise da precipitação	63
2.4.4 Cálculo da interceptação pluvial.....	63
2.5 ANÁLISE DENDROMÉTRICA E MORFOMÉTRICA.....	64
2.6 ANÁLISE DE DADOS	64
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS CHUVOSOS	65
3.2 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA	67
3.2.1 Precipitação Bruta.....	67
3.2.2 Precipitação Interna sob a copa das espécies <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna Siamea</i>	68
3.2.3 Interceptação pela Copa das espécies <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna Siamea</i> .	72
3.2.4 Relação entre a Intensidade de chuva e a Interceptação pluvial na Copa	74
3.3 ANÁLISE DENDOMÉTRICA E INDICES MORFOMÉTRICOS EM RELAÇÃO A INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL	75
4 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1 DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DE INDIVÍDUOS DE *Paubrasilia echinata*, e *Senna siamea*, NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Tabela 1: Variáveis dendrométricas dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna Siamea* presentes na arborização urbana do *campus sede*.....43

Tabela 2: Variabilidade das variáveis morfométricas para a estimativa dos índices morfométricos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na arborização urbana do *campus sede* UFRPE.....47

CAPITULO 2 CAPACIDADE DE INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DAS ESPÉCIES *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*

Tabela 1: Critérios de Classificação das Correlações de Spearman.....64

Tabela 2: Análise de Variância (ANOVA) entre Precipitação Bruta e Precipitação Interna para Indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na Arborização do *campus sede* da UFRPE.....70

Tabela 3: Correlação de Spearman para a Precipitação total e a Interceptação de Copa entre indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na Arborização do *campus sede* da UFRPE.....71

Tabela 4: Relação da Categoria de chuva com Intensidade e Interceptação pela Copa e para Indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na Arborização do *campus sede* da UFRPE.....74

Tabela 5: Média das Análises Dendométricas e Morfométricas, para os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (direita) e *Senna siamea* (esquerda), presentes na arborização urbana do *campus sede* da UFRPE.....76

LISTA DE FIGURAS

2 REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1: Classificação dos Serviços Ambientais de acordo com Millennium Ecosystem Assessment(2005).....	18
--	----

CAPITULO 1 DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DE INDIVÍDUOS DE *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, PRESENTE NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Figura 1: Localização geográfica da área e disposição das árvores estudadas.....	36
Figura 2: Indivíduos de <i>Paubrasilia echinata</i> localizados no <i>campus sede</i> UFRPE.....	38
Figura 3: Indivíduos de <i>Senna siamea</i> localizados no <i>campus sede</i> UFRPE.....	39
Figura 4: Análises dendrométricas em indivíduos de <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização urbana do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	40
Figura 5: Geometrização e definição dos pontos das fotos e das medições e inserção da malha para contagem dos vazios de folhas.....	41
Figura 6: (A) Percentual de Permeabilidade de copa (%) de <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização urbana do <i>campus sede</i> UFRPE.....	45
Figura 7: Volume de copa (m ³) dos indivíduos de <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização urbana do <i>campus sede</i> UFRPE.....	46
Figura 8 : Matriz de correlação de Pearson de <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização urbana do <i>campus sede</i> UFRPE.....	50

CAPITULO 2 CAPACIDADE DE INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DAS ESPÉCIES *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*

Figura 1: Localização geográfica da área e disposição das árvores estudadas.....	59
Figura 2: Valores Climatológicos de Precipitação (mm) e Temperatura média (°C), nos meses do ano 2023, em Recife.....	60

Figura 3: Pluviômetros confeccionados com garrafa pet e posição dos pluviômetros em campo.....	62
Figura 4: Média da precipitação de acordo com as categorias.....	65
Figura 5: Distribuição das Categorias de Chuva por Período (Out 2023 - Abr 2024)	66
Figura 6: Dados da Precipitação bruta fornecida pela estação meteorológica da UFRPE.....	67
Figura 7: Precipitação Interna de <i>Paubrasilia echinata</i> , presente na arborização do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	68
Figura 8: Precipitação Interna de <i>Senna siamea</i> , presente na arborização do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	69
Figura 9: Interceptação pela copa de indivíduos de <i>Paubrasilia echinata</i> , presentes na arborização do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	72
Figura 10: Interceptação pela copa de indivíduos de <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	72
Figura 11: Quantidades de caixas d'água interceptadas para as espécies <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	73
Figura 12: Matriz de correlação de Spearman entre a Precipitação e a Análise Dendrométrica, para os indivíduos de <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização urbana do <i>campus sede</i> da UFRPE.....	77
Figura 13: Matriz de correlação de Spearman entre a Interceptação e os Índices morfométricos para os indivíduos de <i>Paubrasilia echinata</i> e <i>Senna siamea</i> , presentes na arborização urbana do <i>Campus sede</i> da UFRPE.....	78

ALVES, MARIA DAIZA DE SOUSA. **INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL EM ÁRVORES URBANAS** . 2025. Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.

RESUMO

A interceptação pluvial por espécies da arborização urbana desempenha um papel essencial na regulação do ciclo hidrológico e na redução do escoamento superficial, contribuindo para a gestão hídrica e mitigação de enchentes em áreas urbanas. A escolha das espécies é fundamental para otimizar esses serviços ecossistêmicos, uma vez que suas características dendrométricas e morfométricas influenciam diretamente a capacidade de retenção de água pela copa. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência das espécies da arborização urbana na interceptação pluvial. O primeiro capítulo, teve como objetivo analisar as características dendrométricas e morfométricas dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis e *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, presentes na arborização da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Para isso, foram selecionados 24 indivíduos arbóreos, sendo 12 de cada espécie. As análises dendrométricas incluíram Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (Ht), Altura da Primeira Bifurcação (Hbp), Altura de Copa (Hc), Diâmetro de Copa (Dc) e Área de Copa (Ac). Foram calculados a Permeabilidade de Copa e Volume de copa. Com as análises dendrométricas foram mensurados os índices morfométricos, incluindo Proporção de Copa (PC), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Formal de Copa (FC). A análise dessas características fornece informações essenciais sobre a interação das duas espécies com o ambiente urbano. Dentre as variáveis analisadas, o diâmetro de copa (Dc) destacou-se como a que mais influencia as demais variáveis morfométricas das espécies, evidenciando sua importância no desenvolvimento estrutural e na capacidade de adaptação das árvores ao meio urbano. No segundo capítulo, o objetivo foi caracterizar os eventos chuvosos e quantificar a Precipitação Bruta (PB), a Precipitação Interna (PI) e a Interceptação pela Copa (IC) em indivíduos das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, sendo 18 indivíduos no total, 9 por espécie. Para isso, foram instalados pluviômetros sob as copas das árvores, e os dados de precipitação foram coletados e analisados em diferentes eventos chuvosos. Os resultados mostraram que *Senna siamea* apresentou uma maior capacidade de interceptação pluvial, com um volume interceptado de 8.150 litros, em comparação aos 7.330 litros registrados para *Paubrasilia echinata*. A correlação de Spearman indicou que *Paubrasilia echinata* possui uma relação negativa moderada a forte entre precipitação total e interceptação, enquanto *Senna siamea* apresentou uma relação negativa mais fraca, sugerindo que essa espécie mantém um nível de interceptação mais constante, independentemente da intensidade do evento chuvoso. Esses resultados reforçam a importância de *Senna siamea* para a arborização urbana, especialmente em áreas propensas a alagamentos, e destacam que a estrutura morfométrica das copas exerce um papel crucial na interceptação pluvial e na mitigação dos impactos das chuvas em ambientes urbanos. A partir desta pesquisa, conclui-se que ambas as espécies demonstram capacidade significativa de interceptação pluvial, contribuindo para mitigar os impactos hidrológicos em ambientes urbanos.

Palavras-chave: Características morfométricas, Escoamento superficial, Serviços ecossistêmicos.

ALVES, MARIA DAIZA DE SOUSA. **RAINFALL INTERCEPTION IN URBAN TREES**. 2025 Advisor: Everaldo Marques de Lima Neto.

ABSTRACT

Rainfall interception by urban tree species plays a crucial role in regulating the hydrological cycle and reducing surface runoff, contributing to water management and flood mitigation in urban areas. The selection of species is essential to optimize these ecosystem services, as their dendrometric and morphometric characteristics directly influence the canopy's water retention capacity. This study aimed to evaluate the influence of urban tree species on rainfall interception. The first chapter focused on analyzing the dendrometric and morphometric characteristics of *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis and *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, present in the arborization of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). For this purpose, 24 tree individuals were selected, 12 from each species. The dendrometric analyses included Diameter at Breast Height (DBH), Total Height (Ht), First Branch Height (Hbp), Canopy Height (Hc), Canopy Diameter (Dc), and Canopy Area (Ac). Canopy Permeability and Canopy Volume were also calculated. Morphometric indices such as Canopy Proportion (PC), Saliency Index (IS), Coverage Index (IA), and Canopy Shape (FC) were also measured. The analysis of these characteristics provides essential information about the interaction of these two species with the urban environment. Among the analyzed variables, the Canopy Diameter (Dc) stood out as the most influential on the other morphometric variables, highlighting its importance in the structural development and adaptation capacity of trees in urban settings. In the second chapter, the objective was to characterize rainfall events and quantify the Gross Precipitation (PB), Throughfall (PI), and Canopy Interception (IC) in individuals of *Paubrasilia echinata* and *Senna siamea*, totaling 18 individuals, 9 of each species. To achieve this, rain gauges were installed under the tree canopies, and precipitation data were collected and analyzed during different rainfall events. The results showed that *Senna siamea* had a higher rainfall interception capacity, with an intercepted volume of 8,150 liters, compared to 7,330 liters for *Paubrasilia echinata*. The Spearman correlation indicated that *Paubrasilia echinata* exhibited a moderate to strong negative relationship between total precipitation and interception, while *Senna siamea* showed a weaker negative relationship, suggesting that this species maintains a more consistent interception level regardless of the intensity of the rainfall event. These findings reinforce the importance of *Senna siamea* for urban arborization, especially in flood-prone areas, and highlight that the morphometric structure of the canopies plays a crucial role in rainfall interception and the mitigation of rainfall impacts in urban environments. From this research, it is concluded that both species demonstrate a significant capacity for rainfall interception, contributing to mitigating hydrological impacts in urban environments.

Keywords: Morphometric characteristics, Surface runoff, Ecosystem services.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aumento das populações urbanas em todo o mundo, impulsionado pelo rápido crescimento populacional e pelos processos de urbanização, faz com que a qualidade de vida seja relevante para um número cada vez maior de pessoas (Mouratidis, 2021). A urbanização é um processo socioeconômico complexo com inúmeras consequências para diferentes níveis da sociedade, do ambiente e da biodiversidade (Nações Unidas, 2018). Um dos impactos mais significativos da urbanização é a influência sobre as características hidrológicas da superfície, afetando diretamente a gestão das águas pluviais em áreas urbanas. O desenvolvimento urbano mal planejado, que frequentemente negligencia a infraestrutura adequada para drenagem e controle de águas pluviais, pode aumentar a frequência e a gravidade das enchentes e inundações urbanas (Ma *et al.*, 2022).

Enchentes e inundações são eventos de origem natural que ocorrem periodicamente nas margens de cursos d'água, resultantes de chuvas intensas de curta duração ou de precipitações prolongadas, esses fenômenos podem gerar impactos negativos, especialmente em áreas densamente povoadas (Gusmão, 2024). Os fatores que causam esses eventos incluem o rápido crescimento urbano, a variação na intensidade das chuvas devido às mudanças climáticas e os sistemas de drenagem inadequadamente projetados (Bibi; Kara, 2023). No caso da cidade do Recife, no estado de Pernambuco, a Região Metropolitana do Recife (RMR) foi fortemente impactada em 2022 por eventos climáticos que afetaram tanto áreas centrais quanto periféricas (Marengo *et al.*, 2023).

Nesse sentido, relacionar árvores com o controle do escoamento superficial é uma possibilidade de redução de custos com estruturas de drenagem, que são sobrecarregadas em eventos de fortes chuvas e não conseguem conter tal volume apropriadamente (Berland *et al.*, 2017). As árvores armazenam parte da água da chuva, garantindo a redução do volume do escoamento superficial e proporcionando a proteção do solo onde estão inseridas (Alves; Formiga; Traldi, 2019). Sua presença promove a redução da sobrecarga do sistema de drenagem, diminuindo a velocidade da água durante eventos de tempestade e auxiliando na infiltração do solo (Silva ; Santos, 2018). Este serviços ecossistêmicos prestados pela arborização urbana geram benefícios como a diminuição dos riscos de inundações, além de auxiliarem na redução da sobrecarga dos sistemas de drenagem devido à impermeabilização do solo (Duarte *et al.*, 2018).

Complementarmente, a avaliação da morfometria e das relações interdimensionais das árvores urbanas, por meio de índices morfométricos, mostra-se um importante instrumento para

conhecer o comportamento individual e da interação entre as árvores, bem como auxiliar a adoção de melhores critérios de planejamento da implantação de espécies em uso (Bobrowski; Biondi, 2017). Bobrowski, Lima Neto e Biondi (2013) estudaram características morfométricas de *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze na arborização de ruas da cidade de Curitiba, Paraná, e suas modificações em função da localização das árvores, sob rede de distribuição de energia elétrica ou livres desta ou crescendo em ambientes abertos. Os autores constataram padrões de conformação das copas e que a arquitetura típica da espécie e algumas variáveis morfométricas são alteradas significativamente em função da sua localização.

Carvalho Maria *et al.* (2020), ao analisarem os índices morfométricos, classificaram o padrão de crescimento e determinaram a arquitetura de copa de dez espécies plantadas na floresta urbana dos municípios de Curitiba e Pinhais, no Paraná, em condições de livre crescimento, sem competição. O conhecimento sobre o comportamento do crescimento das árvores no ambiente urbano ajuda a promover serviços ecossistêmicos baseados em um planejamento adequado capaz de prever o tamanho da copa e a direção de crescimento de uma determinada árvore.

Nesse contexto, a partir das características morfométricas de espécies, é possível definir as espécies que apresentam os melhores resultados para a promoção de serviços ecossistêmicos. Em estudo realizado por Yague e Viana (2022), foi demonstrado que utilizar a arborização urbana para o manejo de águas pluviais é uma estratégia que reduz o escoamento superficial, contribuindo para a diminuição das vazões de pico que resultam em inundações. Evidencia-se que, para implementar a espécie correta, é necessário compreender a interceptação das copas, levando em consideração a sua forma, estrutura e volume, para assim relacioná-los com os eventos chuvosos.

A escolha das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* utilizadas nesta pesquisa fundamenta-se na importância de analisar como diferentes espécies influenciam o processo de interceptação pluvial em áreas urbanas e de compreender de que forma suas características dendrométricas e morfométricas interferem nesse processo. Considerando a importância de compreender a interceptação pluvial promovida pelas árvores e sua contribuição para o escoamento superficial e se este fenômeno pode mitigar os efeitos de inundações, enchentes e alagamentos, esta pesquisa tem como hipóteses: (1) Existe diferença em forma e estrutura das espécies analisadas a partir da avaliação morfométrica; (2) As árvores interceptam a água da chuva, diminuindo o escoamento superficial; e (3) A interceptação pluvial pelas árvores varia de acordo com a intensidade do evento chuvoso.

Esta pesquisa foi desenvolvida em dois capítulos. O primeiro, intitulado “Dendrometria e morfometria de indivíduos *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* na arborização urbana”, teve como objetivo analisar as características dendrométricas e morfométricas de indivíduos das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* presentes na arborização da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O segundo intitulado “Capacidade de interceptação pluvial das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*”, teve como objetivo de caracterizar os eventos chuvosos e quantificar a precipitação bruta, precipitação interna e a interceptação pela copa em indivíduos das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PLANEJAMENTO DAS CIDADES E A DRENAGEM URBANA

Por conta do mau planejamento, diversas cidades estão sofrendo com problemas advindos de eventos climáticos extremos, como enchentes, inundações e alagamentos, recentemente, danos substanciais foram registrados em áreas urbanas devido a inundações pluviais, um efeito agravado pelo aumento da concentração de chuvas em curtos períodos de tempo (Park; Lee, 2019). Em áreas urbanas, o aumento na intensidade dos escoamentos superficiais pode ter um impacto direto na frequência das inundações nos sistemas urbanos (Arnone *et al.*, 2018). O rendimento do escoamento superficial nas cidades é determinado ao subtrair as perdas de precipitação para obter a precipitação líquida. Essas perdas incluem a interceptação pelas plantas, a infiltração, o preenchimento de depressões e a evaporação, sendo a infiltração a principal responsável (Luo *et al.*, 2022).

A má gestão das águas pluviais e do escoamento urbano pode resultar em sérios problemas, entre os principais fatores que aumentam a ocorrência e intensidade desses eventos, destacam-se: a redução da capacidade de infiltração, devido à impermeabilização do solo; o aumento dos índices pluviométricos, em decorrência das mudanças climáticas; e a elevação do nível do mar, especialmente em bacias litorâneas (Soares; Galvêncio, 2020).

O sistema de drenagem urbana, que incorpora uma diversidade de estruturas e dispositivos planejados para controlar o fluxo de água nas áreas urbanas, desempenha uma função importante na prevenção de inundações e na preservação dos recursos hídricos. As medidas de mitigação devem ser definidas dentro de um intervalo que permita a avaliação e correção dos efeitos das mudanças climáticas no sistema de drenagem, sendo essenciais para a realização de uma análise econômica para uma determinação eficaz (Kang *et al.*, 2016).

Conforme apontado por Xu *et al.* (2020), a urbanização tem desencadeado problemas crescentes, como inundações e armazenamento inadequado de água, que estão se tornando cada vez mais graves. Diante desse cenário, é importante para os planejadores urbanos enfrentarem o desafio de gerenciar as chuvas e inundações urbanas de forma científica e sustentável. A mitigação do escoamento das águas pluviais depende de processos hidrológicos e de tratamento de poluentes apoiados pela vegetação e pelo solo nos espaços verdes. A função da vegetação é interceptar e armazenar a água da chuva nas folhas e galhos, onde uma parte da chuva evapora e a outra parte escoar para o solo, infiltrando-se no solo poroso.

Arborização urbana refere-se ao conjunto de áreas, públicas ou privadas, caracterizadas pela presença predominante de vegetação arbórea ou em estado natural em uma cidade, esse conceito abrange as árvores localizadas em ruas, avenidas, parques públicos e demais áreas verdes, tem como objetivo de melhorar a qualidade de vida dos habitantes, promover a sustentabilidade ambiental e contribuir para o bem-estar social e econômico (Silva *et al.*, 2010). As árvores urbanas fornecem múltiplos serviços ecossistêmicos, incluindo a melhoria da qualidade do ar, sequestro de carbono, economia de energia, regulação da água e benefícios recreativos, contribuindo para a qualidade de vida nas áreas urbanas, tornando as árvores um componente essencial do desenvolvimento urbano sustentável (Nowan; Dwyer, 2008).

A integração de árvores e outras formas de vegetação na infraestrutura urbana é fundamental na gestão das águas pluviais. A arborização urbana não apenas melhora a estética e a qualidade do ar, mas também contribui significativamente para a drenagem urbana ao reduzir o escoamento superficial, aumentando a infiltração de água e diminuindo o risco de inundações (Gomez- Baggethun; Barton, 2013).

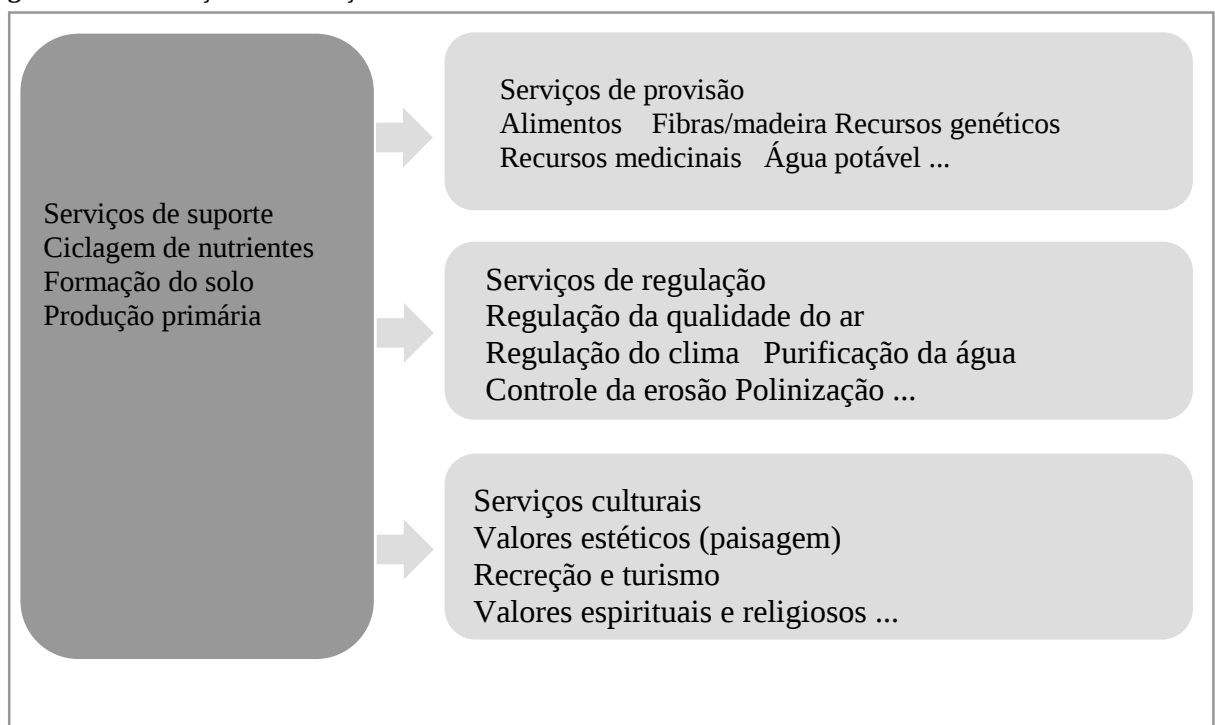
Para enfrentar desafios ligados a enchentes e inundações urbanas, é essencial integrar práticas de planejamento urbano que incorporem a vegetação como uma ferramenta vital na gestão das águas pluviais. O uso de árvores urbanas e outras formas de vegetação pode não apenas melhorar a capacidade de interceptação pluvial, mas também contribuir para a redução da poluição, a moderação das temperaturas e a melhoria da qualidade de vida urbana. Como destacou Orta-Ortiz e Geneletti (2022), a vegetação urbana desempenha um papel essencial na interceptação e armazenamento da água da chuva, contribuindo significativamente para a mitigação do escoamento superficial e a prevenção de inundações.

2.2 OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM FLORESTAS URBANAS

Os ecossistemas fornecem à sociedade uma ampla gama de serviços de provisão, regulação, suporte e culturais que sustentam a vida humana e o bem-estar, esses serviços resultam das funções ecossistêmicas, sendo que um único serviço pode ser gerado por duas ou mais funções, assim como uma única função pode dar origem a mais de um serviço ecossistêmico (Ministério do Meio Ambiente –MMA, s.d). Os processos e funções ecossistêmicas descrevem as relações bióticas e abióticas que existem independentemente de os humanos se beneficiarem ou não. Em contrapartida, os serviços ecossistêmicos são aqueles processos e funções que beneficiam as pessoas, direta ou indiretamente (Costanza *et al.*, 2017).

O *Millenium Ecosystem Assessment- MEA* (2005), classificou os serviços ecossistêmicos em diferentes categorias: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte (Figura 1). Os serviços de provisão são os produtos obtidos a partir dos ecossistemas, como água potável, combustível, alimentos e recursos genéticos; os serviços de regulação estão relacionados aos benefícios provenientes da regulação dos processos ecossistêmicos, como a manutenção da qualidade do ar, a regulação do clima, a regulação da água, a regulação de doenças e a polinização; os serviços culturais são benefícios não materiais fornecidos pelos ecossistemas para as pessoas, como a diversidade cultural, os valores espirituais e religiosos, os valores educacionais, as relações sociais, além da recreação e do ecoturismo; os serviços de suporte são a base para a existência de todos os outros serviços, como a produção do oxigênio atmosférico, o ciclo da água, a ciclagem dos nutrientes e a formação do solo (MEA, 2005).

Figura 1: Classificação dos Serviços Ecossistêmicos



Fonte: (MEA, 2005).

As florestas em áreas urbanas desempenham papel importante na atenuação de enchentes, devido à interceptação das águas de chuva e à melhoria da infiltração da água no solo, facilitada pela maior permeabilidade do solo tendo o potencial de transpirar uma proporção maior do escoamento superficial, o que poderia aumentar a redução do escoamento de águas pluviais. (Cunha, 2018).

De acordo com Thom *et al.* (2020), as árvores urbanas condicionadas e adaptadas com valas de infiltração transpiram grandes volumes de água, equivalente a 17% do escoamento anual gerado. Por exemplo, as copas das árvores podem interceptar e armazenar a água da chuva, atrasando ou transportando o volume disponível para a oferta. As árvores nas áreas urbanas estão sendo cada vez mais reconhecidas como parte integrante das práticas de infraestrutura verde utilizadas para gerenciar o escoamento de águas pluviais (Selbing *et al.*, 2022).

Em ambientes urbanos, o volume de escoamento é difícil de gerir. As árvores servem como infraestruturas verdes, conduzindo as chuvas para vários componentes do ciclo hidrológico. As perdas podem ocorrer através da interceptação do dossel, transpiração, melhor infiltração e possíveis benefícios em relação à percolação mais profunda ao longo dos canais radiculares e ao manejo do lençol freático (Berland *et al.*, 2017).

Em estudo de Alves; Formiga; Traldi (2018) envolvendo três espécies, *Mangifera indica* L, *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. E *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch), demonstrou que a capacidade de interceptação variou entre as espécies. Esses resultados confirmam a importância de aplicar esse tipo de pesquisa a outras localidades e espécies de árvores urbanas, visando uma melhor compreensão das suas características e impactos ambientais.

Analisando três espécies, *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg., *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert e *Tabebuia heptaphylla* (Vell.), Silva e Santos (2018) demonstraram a arborização urbana afeta significativamente o equilíbrio hidrológico, o que torna importante a escolha criteriosa das espécies a serem incorporadas ao meio urbano. Essa seleção é fundamental, grande parte da chuva é interceptada e armazenada pelos galhos, folhas e troncos das árvores, influenciando diretamente na redução do escoamento superficial e minimizando o acúmulo de água que poderia causar enchentes.

As árvores regulam o escoamento das águas pluviais, também podem aliviar elevadas emissões de gases com efeito de estufa, melhorando a qualidade do ar e da água e reduzindo o

efeito de ilha de calor urbana, sua presença em ambientes urbanos trazem benefícios à medida que as cidades se tornam mais urbanizadas (Czaja *et al.*, 2020).

2.3 CARACTERÍSTICAS E ESCOLHA DA ESPÉCIE NA ARBORIZAÇÃO

As propriedades da copa e da casca das árvores, como o formato da copa, a densidade das folhas, a rugosidade das folhas e da casca, assim como os ângulos do caule e dos ramos, podem apresentar ampla variação entre espécies, essas características provavelmente desempenham um papel significativo na distribuição da precipitação e influenciam na interceptação, redistribuição e escoamento das chuvas (Berland *et al.*, 2017).

A seleção de árvores urbanas deve levar em conta características como a textura da casca e o tipo de folha, pois ambos desempenham papéis importantes na adaptação das árvores ao ambiente urbano. Árvores com cascas espessas e folhas resistentes são mais adequadas para suportar estresses urbanos, como poluição, compactação do solo e variações extremas de temperatura, ao mesmo tempo em que fornecem serviços ecossistêmicos (Sjoman; Nielsen, 2010).

A forma e a densidade da copa das árvores são determinantes para sua capacidade de fornecer benefícios ecológicos em ambientes urbanos. Copas densas e bem formadas são mais eficazes na captura de partículas poluentes, fornecimento de sombra, e moderação das temperaturas, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida nas cidades (Nowak; Greenfield, 2012).

Além das características foliares e da superfície do caule, a estrutura e a arquitetura da copa também podem afetar a interceptação pela copa, tanto em florestas quanto em árvores individuais. Árvores com uma maior área de projeção da copa geralmente possuem uma maior área de superfície total para capturar a precipitação, aumentando assim a capacidade de interceptação (Dowtin *et al.*, 2023).

A copa retém uma pequena proporção da precipitação, sendo que a precipitação atinge o solo como precipitação e fluxo do caule, mas a evaporação pode ser importante nos valores absolutos interceptados durante grandes tempestades, os eventos de tempestade maiores produzem uma menor taxa de interceptação de chuva. (Yan *et al.*, 2015). A fase de umedecimento da copa de uma árvore durante uma tempestade favorece o acúmulo de água nas camadas superiores da copa, com queda parcial e gotejamento que redistribui essa água para as posições mais baixas da copa com o tempo. (Ciruzzi; Loheide, 2021).

As espécies tendem a interpretar de maneira diferentes quantidades variáveis de água da chuva de acordo com sua copa, que geralmente se correlaciona com a altura dos arbustos e

a área da copa, árvores mais altas e maiores possuem folhagem mais densa com camadas mais estratificadas, resultando em maior interceptação por unidade de precipitação incidente. (Lucas-Borja *et al.*, 2023).

A escolha da espécie é indispensável e deve ser baseada em critérios técnicos, levando em consideração aquelas que não causem danos à saúde da população. Um dos critérios é a ausência de estruturas nocivas, com o objetivo de minimizar os riscos e/ou danos à saúde pública (Santos *et al.*, 2012).

2.3.1 Dendrométrie em Pesquisas de Arborização

A medição das variáveis dendrométricas em áreas urbanas permite a quantificação dos benefícios ambientais fornecidos pelas árvores, como a redução da poluição do ar, a mitigação de ilhas de calor urbanas e a mitigação de enchentes e inundações. Além disso, essas medições são cruciais para a avaliação do crescimento das árvores e o planejamento de futuras iniciativas de plantio (McPherson *et al.*, 2016).

Estudos dendrométricos em áreas urbanas são essenciais para entender a contribuição das árvores para a melhoria da qualidade do ar, a moderação do clima urbano e a promoção do bem-estar humano, fornecendo dados que informam políticas públicas e práticas de manejo sustentável (Roman *et al.*, 2013). Em particular, estudos de interceptação pluvial em florestas urbanas dependem de medidas dendrométricas precisas, como o diâmetro à altura do peito (DAP) e a área de projeção da copa, para estimar a quantidade de chuva interceptada e evaporada pelas árvores (Livesley *et al.*, 2014).

As características dendrométricas frequentemente utilizadas para quantificação e mensuração nas publicações sobre arborização no Brasil incluem: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht), altura de copa (Hc), altura da primeira bifurcação (Hpb), diâmetro de copa (Dc) e área de copa (Ac) (Oliveira; Tavares, 2012). A altura total da árvore é medida através da distância da base até o topo da copa, a altura da primeira bifurcação é a distância entre a base da árvore e o início da copa e a altura de copa é o espaço entre a primeira inserção de galho e a última projeção do galho (Pinheiro, 2012).

O diâmetro à altura do peito (DAP) é uma das variáveis mais importantes na silvicultura, utilizado para descrever a estrutura das florestas, estimar o volume de madeira e selecionar árvores amostras em inventários florestais (Rivas *et al.*, 2007). O diâmetro da copa (Dc) é a variável fundamental para estimar as características da árvore, correspondendo ao comprimento da linha de projeção entre os pontos mais distantes da copa (Ricken *et al.*, 2020).

Em estudo realizado por Anys; Weiler (2024) em Freiburg, Alemanha, sobre as relações entre as características da precipitação, as características morfológicas das árvores e o comportamento de interceptação, foram analisadas duas espécies, *Acer platanoides* L e *Tilia cordata* Mill, o estudo envolveu a observação de oito árvores por espécie durante 76 eventos de chuva registrados entre abril e setembro de 2021, os parâmetros analisados incluíram altura da árvore, altura da copa, altura do fuste, área da copa e diâmetro da copa. Os resultados indicaram que, para *Tilia cordata*, houve correlações significativas entre os parâmetros morfológicos e a interceptação de chuva (R^2 ajustado > 0,43). Isso sugere que, nessa espécie, as características dendrométricas e morfométricas podem ser bons indicadores do comportamento de interceptação.

Pflug *et al.* (2021), ao investigarem o efeito do tamanho da planta e das características dos ramos na interceptação da chuva em sete espécies de árvores decíduas de folhas largas (*Acer pseudoplatanus* L., *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L., *Populus tremula* L., *Sorbus aucuparia* L.) e três espécies de árvores coníferas perenes (*Picea abies* (L.) Karsten, *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Os parâmetros utilizados no estudo foram: diâmetro à altura do peito, altura da árvore, altura da copa, área projetada da copa e a relação entre a altura do dossel e a largura.

Nutto *et al.* (2001), menciona que a copa é fundamental para o desenvolvimento da árvore. Variáveis como diâmetro e comprimento estão diretamente relacionadas ao seu crescimento e produção. Diversos indicadores caracterizam a relação entre a copa e outras variáveis, como a porcentagem de cobertura e a densidade da copa. A área da copa, em particular, é uma variável importante para a arborização urbana, pois é a parte da árvore mais ligada à provisão de serviços ecossistêmicos (Bobrowski, 2015).

2.3.2 MORFOMETRIA DE ÁRVORES URBANAS

O estudo das características morfométricas e das relações entre elas, juntamente com o monitoramento da dinâmica de crescimento das árvores, são ferramentas valiosas para orientar e aprimorar as intervenções, permitindo ajustes mais precisos e adaptados às necessidades específicas de cada árvore. Essas abordagens fornecem informações críticas para entender como as árvores se desenvolvem em diferentes condições, contribuindo para a tomada de decisões mais informadas e eficazes na gestão e planejamento de áreas arborizadas. (Durlo *et al.*, 2004). Bobrowski, Lima Neto e Biondi (2013) argumentam que a aplicação da morfometria em árvores urbanas é fundamental para compreender as relações dimensionais, o

comportamento individual, e para o aprimoramento dos critérios de planejamento na escolha e implantação de espécies para a arborização urbana.

A morfometria das árvores e seus índices como a Proporção de Copa, Índice de Abrangência, Índice de Saliência e Formal da Copa, permitem entender as relações interdimensionais e reconstruir o espaço ocupado por cada árvore, podendo-se determinar o grau de concorrência a que uma espécie está sujeita dentro de um povoamento, assim como se torna possível inferir sobre a estabilidade, a vitalidade e a produtividade de cada indivíduo (Durlo; Denardi, 1998). Essas relações são fundamentais para entender a estrutura e a funcionalidade das árvores em áreas urbanas, pois permitem avaliar como diferentes características morfológicas influenciam a interceptação pluvial e outros serviços ecossistêmicos fornecidos pelas árvores.

No estudo de Ivasko Júnior *et al.* (2021), realizado em Curitiba-PR, foram calculados quatro índices morfométricos em espécies como *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, *Jacaranda mimosifolia* D.Don, *Erythrina falcata* Benth, *Melia azedarach* L. e *Ligustrum lucidum* Linnaeus. Os resultados mostraram que *Tipuana tipu* apresentou a maior Proporção de Copa (PC), enquanto *Ligustrum lucidum* destacou-se pelo maior Índice de Saliência (IS). Esses resultados indicam que a análise morfométrica pode auxiliar no manejo dessas espécies, fornecendo informações valiosas sobre o comportamento das árvores em áreas verdes urbanas.

As características morfométricas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, foram avaliadas em uma área urbanizada na Universidade Federal de Alagoas por Silva *et al.* (2019). Os parâmetros calculados incluíram Proporção de Copa (PC), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Formal de Copa (FC). Os resultados mostraram que o desenvolvimento de *Tabebuia aurea* não é afetado por competição no meio urbano, e que essas árvores apresentam boas características morfométricas para uso em arborização urbana.

Conforme Hasenauer (1997) aponta, a análise morfométrica de uma árvore e as variáveis a ela relacionadas são empregadas para avaliar relações interdimensionais, reconstruir o espaço que cada árvore ocupa, assim como determinar sua estabilidade, vitalidade e produtividade. Essas medidas permitem avaliar o nível de competição que cada árvore enfrentou ou enfrenta. A análise das relações morfométricas de uma espécie florestal é fundamental para fornecer as bases necessárias para as estimativas da biomassa da copa.

2.4 COMPONENTES DA INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL NA ARBORIZAÇÃO URBANA

2.4.1 Precipitação Bruta

A variabilidade da precipitação bruta pode impactar significativamente componentes específicos do ciclo hidrológico, embora frequentemente não seja explorada de forma abrangente, a distribuição das chuvas é predominantemente analisada a partir da perspectiva da ecologia florestal, com maior ênfase nas características das precipitações do que no potencial de interceptação pluvial das árvores (Shenge; Cai, 2019).

Segundo Zabret e Sraj (2019), a quantidade de chuva influencia diretamente a quantidade das precipitações, afetando a interceptação da água pelas árvores. Além disso, a intensidade das chuvas impacta a variabilidade espacial da queda de água sob as copas das árvores, especialmente durante eventos pluviométricos de maior magnitude.

2.4.2 Precipitação interna

A precipitação interna corresponde à parte da chuva que alcança o solo ao atravessar diretamente as copas ou ao escorrer das folhas das árvores. Sua quantificação é essencial para diversos estudos, especialmente na análise das perdas por interceptação (Diniz *et al.*, 2013). A medição da precipitação pode ser realizada por diferentes métodos, incluindo o uso de pluviômetros manuais, automáticos e não convencionais radares meteorológicos e técnicas de sensoriamento remoto também são amplamente empregados (Silva, 2022).

A captação das precipitações pelas árvores exerce papel no equilíbrio hídrico, pois uma porção da chuva capturada é liberada de volta para a atmosfera por meio da evapotranspiração. Isso ocorre em um curto período após o evento pluviométrico, ao passo que a outra fração penetra no solo, recarregando as águas subterrâneas (Zore *et al.*, 2022). Volumes maiores de precipitação, frequentemente associados a intensidades mais elevadas, resultam em respingos mais intensos quando as gotas de chuva atingem a superfície da copa, contribuindo para a diminuição da interceptação (Zabret; Zraj, 2019).

Em uma pesquisa realizada por Silva e Santos (2018) sobre a interceptação das águas pluviais pela arborização urbana na cidade de Caieiras, São Paulo, durante o período de março a agosto de 2018, em eventos de precipitação com média de 20,7 mm, foram observadas as seguintes taxas de precipitação interna: *Alchornea triplinervea* (Spreng.) Müll. Arg. apresentou uma média de 49,13%, *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert de 32,17% e *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo de 34,48%.

2.4.3 Intercepção pela as copas

A intercepção pela copa das árvores desempenha um papel fundamental na redistribuição das águas pluviais, contribuindo para o amortecimento, direcionamento e retenção da precipitação antes de atingir o solo (Tsiko *et al.*, 2012). Esse processo influencia diretamente a dinâmica do escoamento superficial e a infiltração da água no solo, que é reduzida pela presença das copas. Além disso, a intercepção também contribui para o retardamento dos picos de cheia, atuando como um regulador natural do fluxo hídrico (Oliveira Júnior; Dias, 2005).

De acordo com o estudo de Yan *et al.* (2021), a intercepção de quatro espécies: *Photinia davidsoniae* Rehd. et Wils, *Ligustrum lucidum* Ait, *Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl e *Cercis yunnanensis* Huet, variou conforme a intensidade das chuvas, com diferenças significativas na capacidade de intercepção entre elas. Sob uma intensidade constante de 60 mm/h, *Cercis yunnanensis* apresentou a maior taxa de intercepção (6 mm), enquanto *Ligustrum lucidum* registrou a menor (0,5 mm), além disso, as quatro espécies exibiram diferentes taxas de perda sob a mesma intensidade de chuva, com picos evidentes nas porcentagens dos volumes de gotas interceptadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M.; TRALDI, M. A. B. Interferências de espécies arbóreas na intercepção das águas pluviais urbanas. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (Online), v. 47, p. 89-100, 2018. Doi :<https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180214>.
- ANY, M.; WEILER, M. Rain interception by urban trees: characteristics of the events and morphological characteristics of the trees. **Hydrological Processes**, v. 4, p. 15146, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.15146>.
- ARNONE, E.; PUMO, D.; FRANCIPANE, A.; LA LOGGIA, G. ; NOTO, L. V. The role of urban growth, climate change, and their interplay in altering runoff extremes. **Hydrological Processes**, v. 32, n. 12, p. 1755-1770, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.13141>.
- BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, v. 162, p. 167–177, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>.
- BIBI, T. S.; KARA, K. G. Evaluation of climate change, urbanization, and low-impact development practices on urban flooding. **Heliyon**, v. 9, n. 1, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12955>.

BOBROWSKI, R. **A floresta urbana e a arborização de ruas**. In: BIONDI, D. (Ed.). Floresta urbana. Curitiba: a autoria, 2015. pp. 81-108.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.12, n.1, p.01-16, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v12i1.63493>.

BOBROWSKI, R.; LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D. Alterações na arquitetura típica de Tipuana tipu(Benth.) O. Kuntze na arborização de ruas de Curitiba,Paraná. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 281-289,2013. Doi:<https://doi.org/10.5902/1980509810540>.

CARVALHO MARIA, T. R. B.; BOMM, B. F. H.; NESI, J., HO, T. L.;BOBROWSKI, R. Canopy architecture and morphometry of tree species used in the urban forest. **Floresta**, v. 50, n. 4, p. 1892-1901, 2020. Doi: 10.5380/rf.v50 i4. 66995.

CIRUZZI, D. M.; LOHEIDE, S. P. Monitoring tree sway as an indicator of interception dynamics before, during, and following a storm. **Geophysical Research Letters**, v. 48, n. 20, p. e2021GL094980, 2021.Doi: <https://doi.org/10.1029/2021GL094980>.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1–16, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.

CUNHA, F. R. **Aplicação do programa i-Tree Hydro para avaliar os efeitos da cobertura arbórea na dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica urbana**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.2018.

CZAJA, M.; KOŁTON, A.; MURAS, P. The complex issue of urban trees – accumulation of stress factors and possibilities for ecological services. **Forests**, v. 11, n. 9, p. 932, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/f11090932>.

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C.; MACHADO, D. L.; MENEZES, C. E. G. Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estádios Sucessionais de floresta atlântica, Pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 389-399, jul.-set. 2013.

DOWTIN, A. L.; CREGG, B. C.; NOWAK, D. J.; LEVIA, D. F. TOWARDS OPTIMIZED RUNOFF REDUCTION THROUGH URBAN TREE COVER: A review of key tree physical characteristics, site conditions and management strategies. **Landscaping and Urbanism**, v. 239, p. 104849, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104849>.

DUARTE, T. E. P. N.; ANGEOLETTO, F.; SANTOS, J. W. M. C.; DA SILVA, F. F.;BOHRER, J. F. C.; MASSAD, L. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 327-341, 2018. Doi: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p327-341>.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de Cedrela fissilis Vellozo. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.

GUSMÃO, M. V. S. Sistemas de Informações Geográficas aplicados no mapeamento de áreas de suscetibilidade a inundações no município de Cariacica-ES. Especialização em Recursos Hídricos- Instituto Federal do Espírito Santo. 2024.

HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management**, v. 96, p. 197-206, 1997. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00057-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00057-1).

IVASKO JÚNIOR, S. I.; BIONDI, D.; DOS REIS, A. R. N.; BEHLING, A.; MARTINI, A. Análise morfométrica de árvores em áreas verdes na região central de Curitiba, Paraná. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 4, p. 137-147. (2021).Doi: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.004.0013>.

KANG, N.; KIM, S.; KIM, Y.; NOH, H.; HONG, S. J.; KIM, H. S. Urban drainage system improvement for climate change adaptation. **Water**, v. 8, n. 7, p. 268, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3390/w8070268>.

LIVESLEY, S. J.; BAUDINETTE, B.; GLOVER, D. Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees—The impacts of canopy density and bark type. **Urban forestry & urban greening**, v. 13, n. 1, p. 192-197, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.09.001>.

LUCAS-BORJA, M.E.; VAN STAN, J.T.; CARMONA YÁÑEZ, MD; GARCÍA LÓPEZ, C.A; ZEMA, D. A. Assessment of canopy rainfall sharing by Mediterranean dryland shrubs under extreme rainfall. *Hydrological Processes*, v. 10, p. 15007, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.15007>.

LUO, P.; LUO, M.; LI, F.; QI, X.; HUO, A.; WANG, Z.; WANG, Y. Urban flood numerical simulation: Research, methods and future perspectives. **Environmental Modelling & Software**, v. 156, p. 105478, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105478>.

MA, Y.; CUI, Y.; TAN, H.; WANG, H. Diagnosing China's Predominant Urban Flooding — Causes, Challenges, and Solutions. **Journal of Flood Risk Management** , v. 15, n. 3, p. e12822, 2022.Do: <https://doi.org/10.1111/jfr3.12822>.

M, J. A.; A, E.; C, A. P.; S, M.; N, C. A.; D, G.; M, O. L. Flash floods and landslides in the city of Recife, Northeast Brazil after heavy rain on May 25–28, 2022: Causes, impacts, and disaster preparedness. **Weather and Climate Extremes**, v. 39, p. 100545, 2023.

MCPHERSON, E. G.; VAN DOORN, N, S.; PEPER, P. J. **Urban tree database and allometric equations**. Albany, CA, USA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 2016.

MOURATIDIS, K. Urban planning and quality of life: a review of the paths that link the built environment to subjective well-being. **City**, v. 115, p. 103229, 2021.Do: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103229>.

NOWAK, D.; GREENFIELD, E. J. Tree and impervious cover change in US cities. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, n. 1, p. 21-30, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.005>.

NOWAK, D.; DWYER, J. F.; Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: **Urban and community forestry in the northeast**. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 25-46. 2008.

NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSCOVICH, F. A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 42, p. 110-122, 2001.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 9–15, fev. 2005. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100002>.

OLIVEIRA, G. S.; TAVARES, A. A. LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS EM ESTUDOS SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 3, p. 75–87, 2012. Doi:

PARK, K.; LEE, M-H. The development and application of the urban flood risk assessment model for reflecting upon urban planning elements. **Water**, v. 11, n. 5, p. 920, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/w11050920>.

PFLUG, S.; VOORTMAN, B. R.; CORNELISSEN, J. H.; WITTE, J. P. M. The effect of plant size and branch traits on rainfall interception of 10 temperate tree species. **Ecohydrology**, v. 14, n. 8, p. 1–17, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1002/eco.2349>.

PINHEIRO, P. F. C. **Determinação de variáveis dendrométricas de *Eucalyptus urograndis* com dados LiDAR aerotransportado**. 2012, 68 p. 2. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Estadual do Centro Oeste, 2012.

RICKEN, P.; HESS, A. F.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; NAKAJIMA, N. Y.; HOSOKAWA, R. T. **Morfometria de *Araucaria angustifolia* em diferentes altitudes no Sul do Brasil**. v.20, 2020. DOI: 10.4336/2020.pfb.40e201902066.

RIVAS, J. J. C.; ANTA, M. B.; CALDERÓN, O. A. A.; ARANDA, U. D. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). **Forestry**, v. 80, n. 1, p.29-40, 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/forestry/cpl048>.

ROMAN, L. A.; BATTLES, J. J.; MCBRIDE, J. R. Determinants of establishment survival for residential trees in Sacramento County, CA. **Landscape and Urban Planning**, v. 129, p. 22-31, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.05.004>.

SANTOS, T. O. B.; LISBOA, C. M. C. A.; CARVALHO, F. G. Análise da arborização viária do bairro de Petrópolis, Natal, RN: uma abordagem para diagnóstico e planejamento da flora urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 4, p. 90-106, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v7i4.66546>.

SILVA, E. A. **Uso de "ecotécnicas" no manejo de águas pluviais em meio urbano: uma abordagem crítica**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

- SELBING, W. R.; LOHEIDE II, S. P.; SHUSTER, W.; SCHARENBRUCH, B. C.; COVILLE, R. C.; KRUEGLER, JNOWAK, D. Quantifying the stormwater runoff volume reduction benefits of urban street tree canopy. **Science of the Total Environment**, v. 806, p. 151296, 2022 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151296>.
- SHENG, H; CAI, T. Influência das chuvas na interceptação do dossel em florestas mistas de pinheiros coreanos de folhas largas nas montanhas xiaoxing'an, nordeste da China. **Florestas**, v. 10, n. 3, p. 248, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/f10030248>.
- SILVA, L. G.; VIEIRA, A.C.S.; DOS SANTOS, A.A.L.; DA SILVA, N.L.; FLORIANO, E. P. Morfometria de *Tabebuia aurea* (Silva Manso, Benth. & Hook. f ex s. Moore) em trechos da Universidade Federal de Alagoas, em Maceió, AL. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 5, n. 12, p. 32445-32454, 2019. DOI:10.34117/bjdv5n12-310.
- SILVA, S. T.; SANTOS, R. F. M. A interceptação das águas pluviais através da arborização urbana. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**. v. 6, p.191-206, 2018.
- SILVA, G. S. Precipitação interna de árvores esparsas em área urbana Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 2022.
- SJÖMAN, H.; NIELSEN, A. B. electing trees for urban paved sites in Scandinavia—A review of information on stress tolerance and its relation to the requirements of tree planners. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 9, n. 4, p. 281-293, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.04.001>.
- SOARES, G. A. S.; GALVÍNCIO, J. D. Uso do Lidar para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: Caracterização fisiográfica da bacia do Rio Beberibe, PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13 n. 7, p. 3659-3674. 2020.
- THOM, J.K.; SZOTA, C.; COUTTS, A. M.; FLETCHER, T. D.; LIVESLEY, S. J. Transpiration by established trees could increase the efficiency of stormwater control measures. **Water Research**, v. 173, p. 115597, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115597>.
- TSIKO, C.T.; MAKURIRA, H.; GERRITS, A. M. J.; SAVENIJE, H. H. G. Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 47–48, p. 122–127, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.06.009>.
- YAN, T.; WANG, Z.; LIAOC, C.; XU, W.; WAN, L. Effects of the morphological characteristics of plants on rainfall interception and kinetic energy. **Journal of Hydrology**, v. 592, p. 125807, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125807>.
- YAN, W.; DENG, X.; CHEN, X.; TIAN, D.; XIANG, W.; PENG, Y. Long-term variations of rainfall interception in different growth stages of Chinese fir plantations. **Hydrological Sciences Journal**, v. 60, n. 12, p. 2178-2188, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.964243>.
- YUGUE, L. F.; VIANA, V. J. Potencial da arborização urbana para infiltração e interceptação das águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro. **Revista Augustus**, v.58, n.31p. 95-119, 2022. Doi: <https://doi.org/10.15202/1981896.2022v31n58p95>.

ZABRET, K.; ŠRAJ, M. Rainfall interception by urban trees and their impact on potential surface runoff. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 47, n. 8, p. 1800327, 2019.b Doi: <https://doi.org/10.1002/clen.201800327>.

ZORE, A.; BEZAK, N.; ŠRAJ, M. The influence of rainfall interception on the erosive power of raindrops under the birch tree. **Journal of Hydrology**, v. 613, p. 128478, 2022.Do: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128478>.

CAPÍTULO 1

DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DE INDIVÍDUOS DE *Paubrasilia echinata* E
Senna siamea, NA ARBORIZAÇÃO URBANA

ALVES, MARIA DAIZA DE SOUSA. **DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DE INDIVÍDUOS DE *Paubrasilia echinata* E *Senna siamea*, NA ARBORIZAÇÃO URBANA.** 2025. Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.

RESUMO

O objetivo deste capítulo foi analisar e descrever as características dendrométricas e morfométricas dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na arborização da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Para isso, foram selecionados 24 indivíduos arbóreos, sendo 12 de cada espécie, escolhidos aleatoriamente nas áreas livres de edificações do campus sede. As variáveis dendrométricas mensuradas incluíram Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (Ht), Altura da Primeira Bifurcação (Hbp), Altura da Copa (Hc), Diâmetro da Copa (Dc) e Área da Copa (Ac). As alturas foram obtidas com o uso do aplicativo Arboral Tree©, enquanto os diâmetros foram medidos com fita métrica. Para calcular a permeabilidade da copa, foram tiradas fotos de vários ângulos das copas, processadas posteriormente no programa Matlab, e o volume da copa foi determinado por meio da equação da copa elipsoide. Os índices morfométricos calculados foram Proporção de Copa (PC), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Formal de Copa (FC), sendo realizada uma correlação entre as variáveis. Para *Paubrasilia echinata*, o DAP apresentou média de 20,06 cm, enquanto para *Senna siamea*, a média foi de 36,70 cm. A altura total média foi de 9,53 m para *Paubrasilia echinata* e de 11,84 m para *Senna siamea*, sugerindo que *Senna siamea* pode estar em estágios de desenvolvimento mais avançados. A Hbp média foi de 3,28 m para *Paubrasilia echinata* e 4,84 m para *S. siamea*, enquanto a Hc média foi de 6,26 m para *Paubrasilia echinata* e 7,02 m para *Senna siamea*. Esses dados indicam que *Paubrasilia echinata* pode ser mais adequada para áreas urbanas com espaço limitado, enquanto *Senna siamea* pode ser melhor aproveitada em espaços amplos e abertos, oferecendo maior cobertura de copa e melhor circulação sob o fuste. A permeabilidade da copa foi maior em *Senna siamea* (38%) em relação a *Paubrasilia echinata* (17%), e o volume médio da copa de *Paubrasilia echinata* foi menor (160,28 m³) do que o de *Senna siamea* (236,15 m³). Os índices morfométricos revelaram os seguintes valores médios para *Paubrasilia echinata*: PC de 66,11%, IS de 0,70, IA de 1,21 e FC de 1,89. Para *Senna siamea*, os valores médios foram: PC de 58,14%, IS de 0,38, IA de 1,03 e FC de 1,84. As correlações entre as variáveis mostraram que, para *Paubrasilia echinata*, houve uma relação positiva entre Ia e FC; PC e IA; P e Vc e negativa entre: FC e PC. Para *Senna siamea*, observou-se correlação positiva entre : IA e IS; P e IS; P e PC; Vc e IS. .Esses resultados indicam que diferentes índices morfométricos podem ter relações distintas, dependendo das características das espécies estudadas. A análise das características dendrométricas e morfométricas de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* fornece informações importantes sobre a interação dessas espécies com o ambiente urbano.

Palavra- chave: Características estruturais, Caracterização de espécies, Estrutura da copa.

ALVES, MARIA DAIZA DE SOUSA. **DENDROMETRY AND MORPHOMETRY OF INDIVIDUALS OF *Paubrasilia echinata* AND *Senna siamea*, URBAN ARBORIZATION.**2025. Advisor: Everaldo Marques De Lima Neto.

ABSTRACT

The objective of this chapter was to analyze and describe the dendrometric and morphometric characteristics of *Paubrasilia echinata* and *Senna siamea*, present in the urban forestry of the Federal Rural University of Pernambuco. For this purpose, 24 tree individuals were selected, 12 from each species, chosen randomly from the open areas of the campus sede. The measured dendrometric variables included Diameter at Breast Height (DBH), Total Height (Ht), Height of the First Bifurcation (Hbp), Crown Height (Hc), Crown Diameter (Dc), and Crown Area (Ac). Heights were obtained using the Arboral Tree© app, while diameters were measured with a measuring tape. To calculate crown permeability, photos from various angles of the crowns were taken, later processed in Matlab, and crown volume was determined using the ellipsoid crown equation. The calculated morphometric indices were Crown Proportion (PC), Salience Index (IS), Coverage Index (IA), and Crown Shape (FC), with correlations among the variables being performed. For *Paubrasilia echinata*, the average DBH was 20.06 cm, while for *Senna siamea*, it was 36.70 cm. The average total height was 9.53 m for *Paubrasilia echinata* and 11.84 m for *Senna siamea*, suggesting that *Senna siamea* may be at more advanced stages of development. The average Hbp was 3.28 m for *Paubrasilia echinata* and 4.84 m for *Senna siamea*, while the average Hc was 6.26 m for *Paubrasilia echinata* and 7.02 m for *Senna siamea*. These data indicate that *Paubrasilia echinata* may be more suitable for urban areas with limited space, while *Senna siamea* may be better suited for larger, open spaces, offering greater crown coverage and better circulation under the trunk. Crown permeability was higher in *Senna siamea* (38%) compared to *Paubrasilia echinata* (17%), and the average crown volume of *Paubrasilia echinata* was smaller (160.28 m³) than that of *Senna siamea* (236.15 m³). The morphometric indices revealed the following average values for *Paubrasilia echinata*: PC 66.11%, IS 0.70, IA 1.21, and FC 1.89. For *Senna siamea*, the average values were: PC 58.14%, IS 0.38, IA 1.03, and FC 1.84. Correlations between variables showed that, for *Paubrasilia echinata*, there was a positive relationship between Ia and FC; PC and IA; P and Vc and negative between: FC and PC. For *Senna siamea*, it was positively reflected between: IA and IS; P and IS; P and PC; Vc and IS. These results indicate that different morphometric indices may have specific relationships, depending on the characteristics of specific species. The analysis of the dendrometric and morphometric characteristics of *Paubrasilia echinata* and *Senna siamea* provides important information about the interaction of these species with the urban environment.

Keywords: Structural characteristics, Species characterization, Crown structure.

1 INTRODUÇÃO

Para maximizar os benefícios da arborização urbana como provedora de serviços ecossistêmicos, é fundamental selecionar espécies adequadas para o ambiente urbano, considerando o porte e o diâmetro ideais (Alves *et al.*, 2022). As características, funções e estruturas das árvores fornecem diversos benefícios e serviços ecossistêmicos que podem mitigar os efeitos adversos da urbanização (Lin *et al.*, 2019).

O estudo das características dendrométricas e morfométricas das árvores é eficaz para entender suas relações interdimensionais. É essencial conhecer a dendrometria, morfometria e a dinâmica de crescimento das árvores para compreender suas características individuais e comportamento (Gardin, 2017).

Em relação aos índices dendrométricos, são poucos os estudos com as espécies presentes na arborização urbana, frequentemente, essas variáveis são utilizadas para mensurar povoamentos florestais fora do ambiente urbano. Para mensuração dos indivíduos arbóreos, são utilizados parâmetros como altura da árvore, altura da copa, altura do fuste, área da copa e diâmetro da copa. As variáveis dendrométricas relacionadas às copas das árvores possibilitam a criação de índices morfométricos úteis ao planejamento e manejo da arborização (Bobrowski; Biondi, 2017).

A morfometria das árvores é essencial para compreender a dinâmica de suas formas e está intimamente relacionada com a dendrometria, que correlaciona suas variáveis estruturais. Este campo de estudo busca entender aspectos como o espaçamento e o nível de competição entre as plantas, o que facilita uma gestão mais eficaz da vegetação urbana (Orellana; Koehler, 2008).

Dentre os métodos aplicados na gestão da arborização urbana, destaca-se a análise morfométrica das dimensões das árvores, incluindo Proporção de Copa, Índice de Abrangência, Índice de Saliência e Formal da Copa. Esta abordagem ajuda a elucidar as relações interdimensionais e o comportamento individual das árvores, além de sua interação com o ambiente circundante (Bobrowski; Biondi, 2017). Compreender essas relações morfométricas é essencial não apenas para selecionar espécies apropriadas para o plantio urbano, mas também para o planejamento e implantação de espaços verdes urbanos (Klein *et al.*, 2017).

Pesquisas indicam que diferentes espécies de árvores e suas características influenciam significativamente a quantidade de chuva interceptada. Por exemplo, Xiao e McPherson (2016)

estudaram a floresta urbana de Santa Monica, na Califórnia, e encontraram variações significativas na capacidade de interceptação de chuva entre diferentes espécies, dependendo de suas características estruturais e do manejo recebido. Anys e Weiler (2024), examinaram o relacionamento entre precipitação, características dendrométricas e morfométricas e o comportamento de interceptação da água em oito árvores. Com base nesses conhecimentos, é possível selecionar árvores que maximizem os benefícios ambientais e ajudem a mitigar os impactos das mudanças climáticas. A capacidade de interceptação de chuvas em indivíduos arbóreos é influenciada por diversos aspectos, entre os quais se destacam a espécie arbórea e as características dendrométricas da espécie (Alves; Formiga; Traldi, 2018).

A relação interdimensional das árvores com a interceptação pluvial é importante para que se entenda sobre as características de cada árvore ou espécie e sua capacidade de interceptação. Compreender essas nuances permite identificar quais espécies são mais eficazes em ajudar no controle pluvial. Por isso, é importante realizar pesquisas sobre o tema, a fim de melhorar a compreensão do processo de interceptação pluvial em ambientes urbanos e quantificar o desempenho potencial de diferentes espécies.

Nesse sentido, o objetivo deste capítulo foi analisar as características dendrométricas e morfométricas de indivíduos de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis, e *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, presentes na arborização da Universidade Federal Rural de Pernambuco e compreender como essas características individuais influenciam na capacidade de interceptação pluvial de cada espécie.

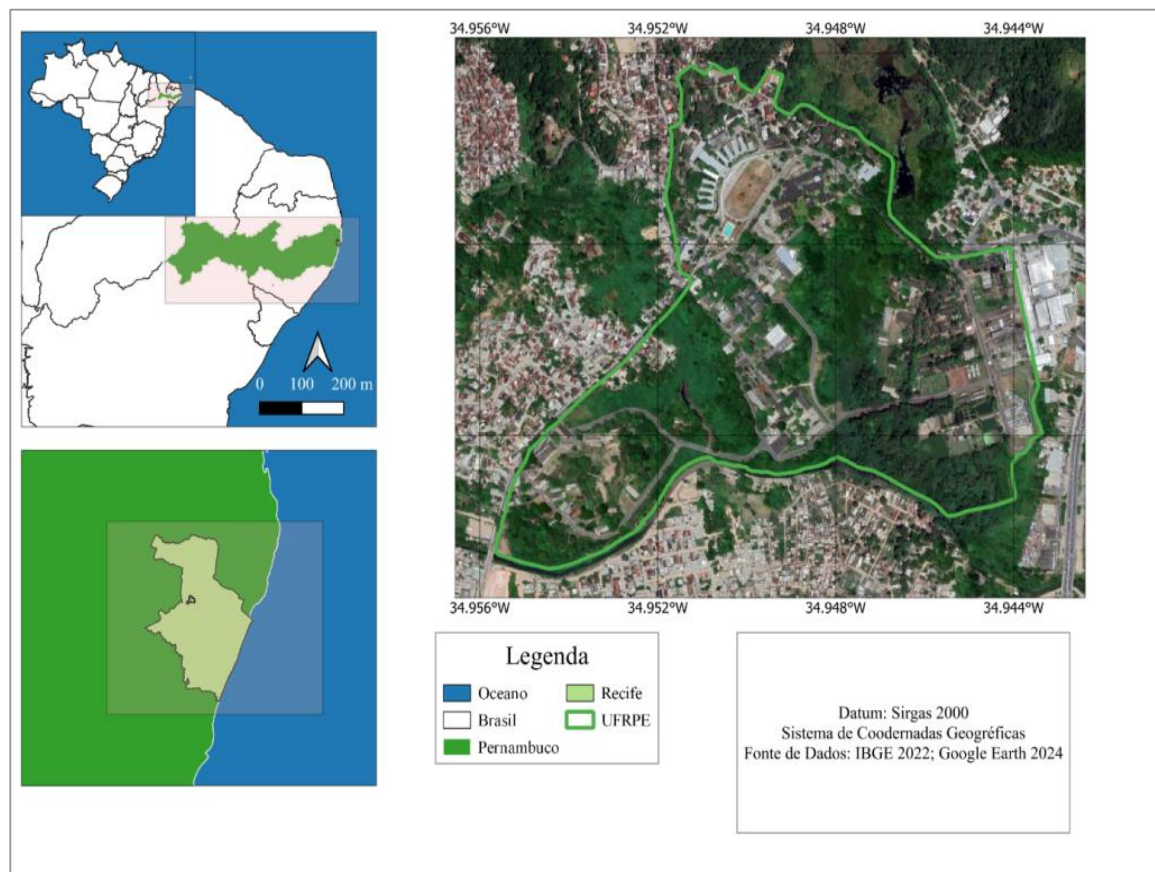
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco, *campus sede*, localizada no município de Recife, capital do estado de Pernambuco, situado na região nordeste, com a latitude de 08°03'14"S e longitude de 34°52'52"W, apresentando uma altitude de quatro metros acima do nível do mar. O clima é tropical úmido, caracterizado por dois períodos bem distintos: estiagem de setembro a fevereiro e chuvoso de março a agosto (Recife, 2020).

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, *campus sede* (Figura 1), localizada no bairro de Dois Irmãos, possui uma área de aproximadamente 147 ha, constituída por pequenos fragmentos secundários de Mata Atlântica e a, presença de nascentes, mananciais, e áreas verdes (Silva *et al.*, 2022).

Figura 1: Localização geográfica da área do estudo no *campus sede* da UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é clima tropical úmido do tipo 'As', com chuvas no inverno, temperaturas médias mensais sempre superiores a 18°C, baixas amplitudes térmicas e precipitações abundantes ao longo do ano. A

temperatura média anual é de 25,5°C, chegando a 30°C no verão, com vegetação de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012).

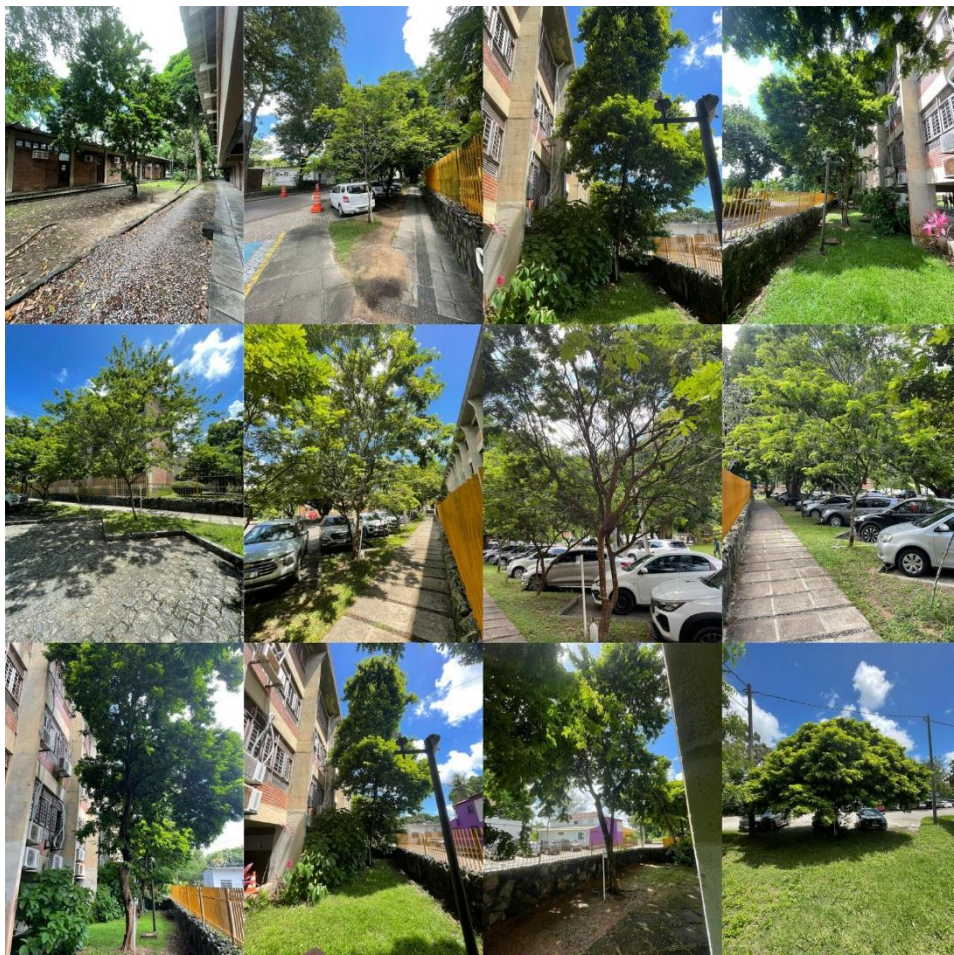
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.2.1 Seleção de espécies

Duas espécies foram selecionadas para a pesquisa *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis, e *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby. As árvores selecionadas foram de acordo com a disponibilidade dos indivíduos no *campus sede*, no qual ocorreu a seleção de indivíduos de idade e tamanhos diferentes enquanto as copas apresentavam diferentes densidades e distribuição de folhagem.

A espécie *Paubrasilia echinata*, conhecida popularmente como Pau-brasil, pertencente à família Fabaceae (Caesalpinioideae) (Figura 2), é uma espécie arbórea nativa do bioma Mata Atlântica composta por formações vegetais nativas (Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (Floresta Pluvial), Restinga), podendo atingir altura variável de 5 a 15 metros, de crescimento lento, possui copa aberta ampla e casca de coloração castanha a quase preta com folhas bipinadas (Flora e Funga do Brasil, s.d).

Figura 2 :Indivíduos de *Paubrasilia echinata* localizados no *campus sede* UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

A outra espécie estudada foi a *Senna siamea*, conhecida popularmente como Cássia-de-sião, originária da Ásia (Tailândia) pertencente à família Fabaceae (Caesalpinioideae) (Figura 3), amplamente distribuída pelo continente americano. No Brasil, ela é naturalizada e encontrada nas seguintes regiões: Norte (AM, PA, RO), Nordeste (AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI), Centro-Oeste (DF, GO), Sudeste (MG, RJ, SP) e Sul (RS, SC). Podendo atingir de 12 a 20 metros, de crescimento rápido, apresenta flores zigomórficas de coloração amarela, com troncos cilíndricos e folhas compostas e copas largas (Flora e Funga do Brasil, s.d).

Figura 3: Indivíduos selecionados de *Senna siamea* localizados no *campus* sede da UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

2.2.2 Delineamento Experimental

A demarcação dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* ocorreu no *campus sede* da Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, sendo selecionados 12 indivíduos arbóreos para cada espécie, totalizando 24 indivíduos. Os indivíduos escolhidos deveriam estar livres de contato com redes aéreas e edificações, o que também influenciou na quantidade final selecionada.

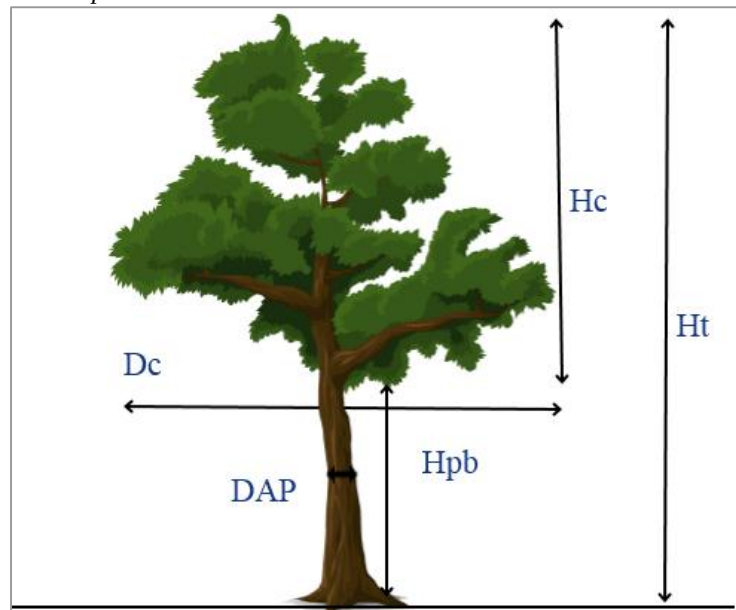
As 24 árvores selecionadas foram georreferenciadas para delimitar a sua localização e distribuição.

2.3 MENSURAÇÃO DAS ÁRVORES SELECIONADAS

Após a demarcação das árvores selecionadas, foram mensuradas as seguintes variáveis dendrométricas:

- a) Diâmetro à Altura do Peito, em centímetros (DAP a 1,30) foi calculado através da medida da circunferência (CAP; cm do fuste da árvore em centímetros, obtida em campo com auxílio da fita.
- b) Altura total da árvore, em metros (Ht; m) foi medida marcando o ponto entre o solo e o último galho da copa da árvore, obtidas através do aplicativo Arboreal tree ©.
- c) Altura da primeira bifurcação, em metros, (Hpb; m) foi obtida através da distância entre a base da árvore e o início da copa. obtidas através do aplicativo Arboreal tree ©.
- d) Altura de copa, em metros, (Hc; m) foi obtida considerando o espaço da primeira inserção de galho e a última projeção do galho. obtidas através do aplicativo Arboreal tree ©.
- e) Diâmetro de copa, em metros, (Dc; m) foi obtido através dos raios (N r1; L r2; S r3; O r4) coletados em campo com auxílio da trena de 20 m.
- f) Área de copa em metros ² (Ac; m²). A área d3 copa foi estimada pela fórmula da área de uma elipse, considerando a representação da copa por dois diâmetros perpendiculares. O maior diâmetro (D1) foi obtido pela soma dos raios nas direções Norte-Sul (N-S), e o menor diâmetro (D2), pela soma dos raios nas direções Leste-Oeste (L-O). Ambos os diâmetros foram calculados a partir das medições dos quatro raios coletados em campo.

Figura 4: Variáveis dendrométricas coletadas nos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na arborização urbana do *campus* sede da UFRPE.



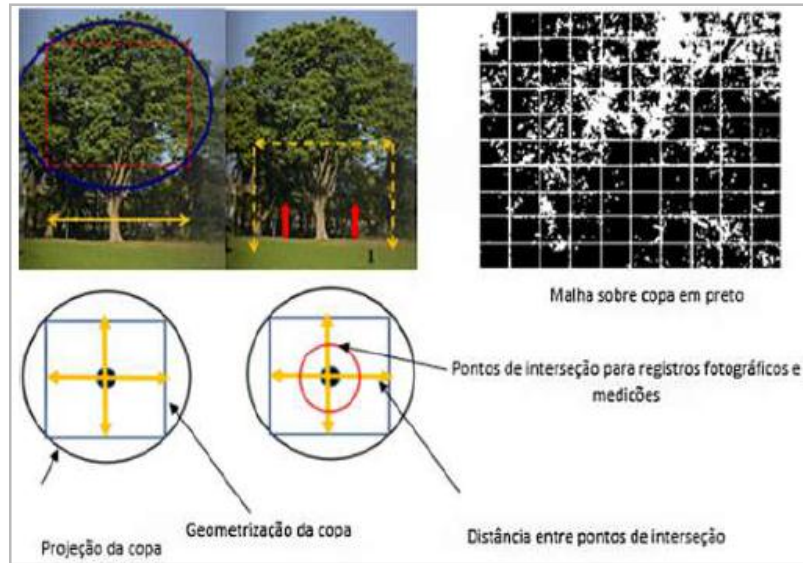
Fonte: A Autora (2024).

2.3.1 Cálculo de permeabilidade e volume de copa

Seguindo a metodologia proposta por Vasconcellos (2020) para o cálculo de permeabilidade, foram realizados registros fotográficos das copas das árvores escolhidas, no sentido de baixo para cima, no mínimo em três pontos da copa. Os pontos para registro fotográfico foram determinados a partir da geometrização das copas e dos pontos médios entre tronco e intersecção da figura geométrica.

Para a geometrização das copas, foram inseridos quadrados e retângulos sobre as projeções das copas. Os pontos de intersecção entre a borda da copa e as arestas do quadrado ou retângulo foram considerados nos pontos externos da linha imaginária que delimita o espaço da copa, tendo o tronco da árvore situado no extremo oposto (Figura 5). Após isso, as fotos foram registradas no centro médio destes dois pontos. Posteriormente, para a obtenção dos percentuais de áreas cheias e vazias, as imagens foram processadas no Programa Matlab.

Figura 5: Geometrização e definição dos pontos das fotos e das medições e inserção da malha para contagem dos vazios de folhas.



Fonte: Vasconcellos (2020).

Para cada um dos indivíduos, o volume de copa (V_c) foi estimado por meio de equações de sólidos geométricos, conforme sugerido por Ludwig *et al.* (1975), com a finalidade de demonstrar, de maneira prática e eficiente, o espaço tridimensional de ocupação das árvores na área urbana. Desta forma, como os indivíduos são diferentes, o volume de copa elipsoide foi escolhido como base para o cálculo.

$$V_c = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D_{cpNS}}{2} \right) \left(\frac{D_{cpLO}}{2} \right) \left(\frac{h_c}{2} \right)$$

Onde: D_{cpNS} : Diâmetro na direção norte-sul; D_{cpLO} : Diâmetro na direção leste-oeste; h_c : Altura Copa.

2.4 INDICES MORFOMÉTRICOS

A partir dos dados coletados nas análises dendrométricas, realizou-se o cálculo para quatro dos índices morfométricos proposto por Durlo e Denardi (1998).

- a) Proporção de Copa (PC) é definida como a relação entre a Altura da copa e a Altura total da árvore.

$$PC = \frac{H_c}{H_t} * 100$$

Onde: H_c : Altura Copa; H_t : Altura total da árvore.

- b) Índice de Saliência (IS) é determinado pela relação Diâmetro da copa e Diâmetro a Altura do Peito

$$IS = \frac{D_c}{DAP}$$

onde: Dc: Diâmetro da copa; DAP; Diâmetro a Altura do Peito.

- c) Índice de Abrangência (IA) é uma variável determinada pela relação entre o Diâmetro da copa e a Altura total da árvore.

$$IA = \frac{Dc}{Ht}$$

Onde: Dc: Diâmetro da copa; Ht: Altura total da árvore.

- d) Formal de Copa (FC) foi determinado pela relação entre o Diâmetro de copa e a Altura da copa.

$$FC = \frac{Dc}{Hc}$$

Onde: Dc: Diâmetro da copa; Hc: Altura da copa.

2.5 ANÁLISE DE DADOS

As variáveis dendrométricas e morfométricas foram inicialmente submetidas à estatística descritiva, utilizando-se o Microsoft Excel© para resumir e descrever as principais características dos dados. Isso incluiu o cálculo de médias, máximos, mínimos, desvios-padrão e coeficiente de variação.

Posteriormente, as análises dos dados foram aprofundadas utilizando a linguagem *Python*, com o auxílio do programa *Google Colaboratory* (Colab). A análise realizada foi a Correlação de Spearman entre todas as variáveis, visando identificar e quantificar as relações lineares existentes entre elas. A Correlação de Spearman foi escolhida porque é particularmente adequada para analisar a relação entre variáveis que não necessariamente seguem uma distribuição normal ou que apresentam relações não lineares (Bishara; Hittner, 2012). Os valores de ρ variam de -1 a 1, sendo que valores próximos a -1 indicam correlação negativa forte, próximos a 1 indicam correlação positiva forte, e valores próximos a 0 sugerem ausência de correlação. A significância estatística será verificada a partir do valor-p, considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DENDROMÉTRICA

Observe-se que os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (Tabela 1) apresentaram valores de DAP inferiores aos de *Senna siamea*. A maior amplitude nos valores de DAP para *Senna*

siamea sugere uma maior diversidade no desenvolvimento individual, possivelmente associada a diferentes estágios de crescimento das árvores.

Tabela 1: Variáveis dendrométricas dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna Siamea*, presentes na arborização urbana do campus sede da UFRPE.

Espécies	Parâmetro	Dap(cm)	Ht(m)	Hbf (m)	Hc (m)	Dc (m)	Ac (m ²)
<i>Paubrasilia echinata</i>	Mínimo	8,94	5,60	1,40	3,50	8,32	23,89
	Média	20,06	9,53	3,28	6,25	10,69	39,71
	Máximo	34,39	11,70	5,80	8,70	12,50	50,33
	DESV	8,29	10,72	1,41	1,64	1,32	10,13
<i>Senna siamea</i>	Mínimo	10,98	7,10	2,90	3,50	2,30	1,04
	Média	36,69	11,84	5,04	7,01	11,02	48,05
	Máximo	60,44	21,30	8,80	12,50	18,20	133,24
	DESV	11,93	4,52	1,80	2,75	3,86	33,10

Legenda: Diâmetro a Altura do Peito (DAP; cm); Altura total (Ht; m); Altura da primeira bifurcação (Hf; m); Altura de copa (Hc; m); Diâmetro de Copa (Dc; m); (B) Área de Copa (Ac; m²).

Fonte: A autora (2024).

A análise da altura total (Ht) dos indivíduos amostrados revelou diferentes tipos de porte entre as espécies estudadas. Com base na Ht, os indivíduos de *Paubrasilia echinata* apresentam porte entre pequeno e médio, já os indivíduos de *Senna siamea* possuem porte variando entre pequeno, médio e grande.

Conforme Center For Urban Forest Research (2004), existem três tipos de porte arboreo: pequeno porte (até 8 m), médio porte (8 m até 12 m). e grande porte (> 12 m). Árvores urbanas de diferentes portes desempenham papéis distintos na mitigação das águas pluviais. Árvores de grande porte, com suas copas expansivas, são particularmente eficazes na interceptação pluvial conseguem reter uma quantidade significativa de água, o que reduz a carga imediata sobre os sistemas de drenagem urbanos e ajuda a prevenir enchentes e alagamentos. No entanto, as árvores de menor porte desempenham um papel importante na gestão das águas pluviais, ajudando a reduzir o impacto direto da chuva no solo e a melhorar a infiltração de água (Berland; Hoston, 2014).

Os resultados obtidos para a Altura da Primeira Bifurcação (Hpb) indicaram que *Senna siamea* apresentou valores maiores aos observados em *Paubrasilia echinata*, o que está em consonância com a maior altura total (Ht) verificada para essa espécie. Destaca-se que indivíduos de *Paubrasilia echinata* apresentaram mínimo de 1,40 m, evidenciando a Hpb

reduzida de alguns indivíduos. Conforme recomendado por Lima Neto *et al.* (2010), a Hpb deve ser de, pelo menos, 1,80 m, visando evitar interferências na circulação de pedestres, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida.

Foram observados valores baixos de Diâmetro de copa em indivíduos de *Senna siamea*, no qual foram atribuídos às podas verificadas em alguns indivíduos dessa espécie durante a coleta dos dados. Em alguns casos, as podas foram realizadas desnecessariamente, pois não havia contato com as redes aéreas, o que acabou afetando a medida do diâmetro da copa desses indivíduos.

Valores menores de Diâmetro de copa podem ser atribuídos a uma série de fatores, como: a poda e a adaptabilidade dos indivíduos ao ambiente urbano e a prática de poda é comum em ambientes urbanos, em que as árvores, muitas vezes, são submetidas a intervenções para controle de crescimento (Oliveira *et al.*, 2020). No entanto, é necessário se atentar a forma como essas intervenções são feitas e como isso irá afetar os indivíduos, dificultando ou melhorando o processo de adaptação.

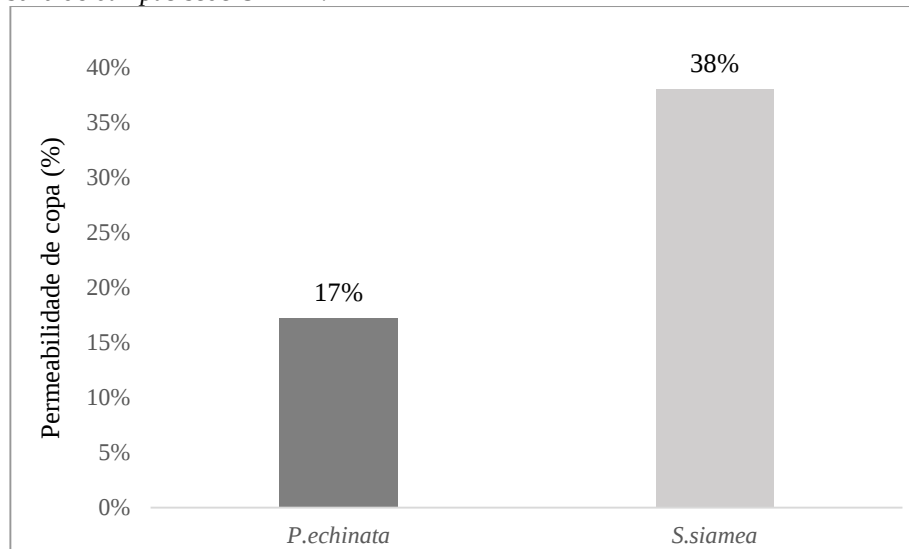
Em relação AC, os indivíduos estudados de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* variaram nos valores entre os indivíduos analisados. Valores mais altos indicam uma maior superfície foliar, favorecendo a captação de água, podem e reduzem o escoamento para o solo.

Nesse contexto, as Áreas das copas das espécies de plantas lenhosas que crescem em áreas urbanas são de considerável importância como um indicador global de saúde, além de um importante fator para avaliar a área foliar e os serviços ecossistêmicos associados, dentre eles o sequestro de carbono, a remoção da poluição atmosférica, o arrefecimento da temperatura do ar e a interceptação de chuvas (Rágula;Chandra, 2020).

3.2 PERMEABILIDADE DE COPA E VOLUME DE COPA

Entre as árvores estudadas, foram observadas diferenças nos valores de permeabilidade da copa. *Senna siamea* apresentou valores maiores, enquanto *Paubrasilia echinata* registrou valores menores. Essa diferença pode estar relacionada aos diferentes estágios de desenvolvimento das árvores, uma vez que *Senna siamea* demonstrou um crescimento mais expressivo em altura e diâmetro.

Figura 6: Percentual de Permeabilidade de copa (%) de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na arborização urbana do campus sede UFRPE.



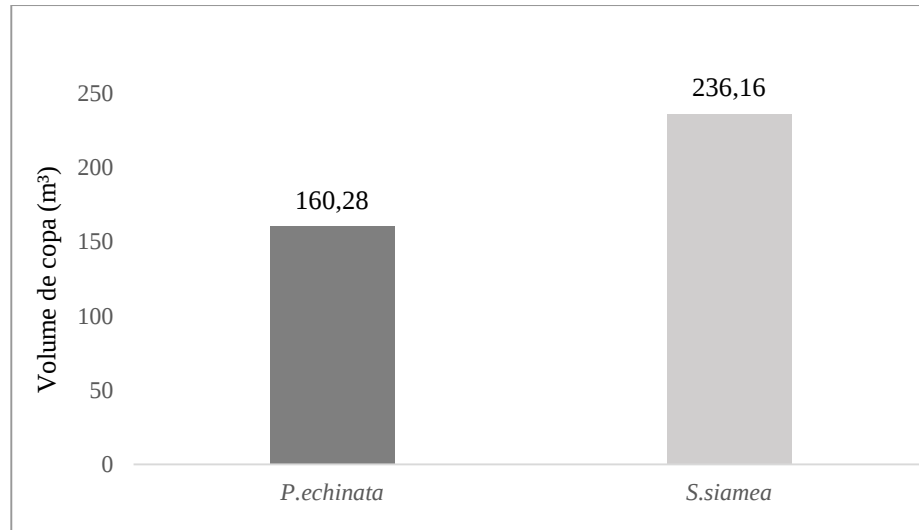
Fonte: A autora (2024).

De acordo com os estudos de Yang *et al.* (2019), as copas com permeabilidade reduzida retêm maior volume de água como observado para a distribuição espacial do índice de área foliar, indicando maior interceptação de chuva. A interceptação e armazenamento da chuva pela copa podem reduzir ou retardar o volume disponível para precipitação no solo, essa capacidade de interceptação é amplamente influenciada pela estrutura e arquitetura do dossel, incluindo fatores como o período de folhagem e a área de superfície foliar, os quais variam significativamente entre diferentes espécies de árvores (Berland, 2017).

Outro fator que pode interferir na permeabilidade de copa são as práticas de poda, segundo os estudos de Downtin *et al.* (2023), as podas podem impactar a densidade da copa e consequentemente os benefícios associados à mitigação de águas pluviais provenientes das árvores urbanas, uma vez que a poda tende a diminuir a densidade da copa, resultando na redução do potencial de interceptação de chuvas.

Ao analisar os volumes das copas das espécies (Figura 7), os indivíduos de espécie *Senna siamea* tem um volume de copa médio maior em comparação com as árvores da espécie *Paubrasilia echinata*. Esse resultado pode ser explicado pelas diferenças nas características de crescimento entre as duas espécies e também as práticas de podas.

Figura 7: Volume de copa (m^3) dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* presentes na arborização urbana do campus sede da UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

As copas das árvores desempenham um papel importante no ciclo hidrológico dos ecossistemas vegetais. A capacidade de armazenamento da copa, influenciada pelo volume e densidade da folhagem, determina a quantidade de água interceptada e evaporada, impactando diretamente processos hidrológicos como infiltração e escoamento superficial (Wu *et al.*, 2019).

3.3 ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

Observamos que o Coeficiente de Variação (CV) dos índices de Proporção de Copa (PC), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Formal de Copa (FC) (Tabela 2), para as duas espécies, foi superior a 10%. Esse resultado pode ser explicado pela variabilidade natural dos indivíduos em ambiente urbano. Em condições experimentais ideais, com ambiente controlado, a variação nos dados dendrométricos das árvores, representada pelo coeficiente de variação, não deve ultrapassar 10% (Bobrowski; Biondi, 2017). No entanto, considerando que a zona urbana possui características heterogêneas e uma relação diversificada entre infraestrutura e árvores, não é possível realizar um controle ambiental e antrópico adequado. Por isso, os coeficientes de variação (CV%) observados ultrapassaram o limite mencionado para condições experimentais ideais controladas (Carvalho Maria *et al.*, 2020).

Tabela 2: Valores médios dos índices morfométricos nas espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* presentes na arborização urbana do campus sede da UFRPE.

Espécies	Parâmetro	PC	IS	IA	FC
<i>Paubrasilia echinata</i>	Mínimo	43,68	0,35	0,80	1,19
	Média	66,11	0,70	1,21	1,89
	Máximo	81,58	1,31	2,18	3,50
	DESV	10,72	0,36	0,34	0,80
	CV(%)	16,31	27,10	28,89	22,76
<i>Senna siamea</i>	Mínimo	43,75	0,06	0,22	0,31
	Média	58,14	0,38	1,03	1,84
	Máximo	71,29	1,33	2,09	3,87
	DESV	7,70	0,39	0,55	1,21
	CV (%)	10,72	29,29	23,97	29,67

Legenda :PC: Proporção de Copa ;IS; Índice de Saliência; IA: Índice de Abrangência; FC: Formal de Copa DESV: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: A autora (2024).

Observou-se que o índice médio de PC para *Paubrasilia echinata* foi maior do que para *Senna siamea*. Esse índice representam a relação entre Hc e Ht das árvores para cada espécie. Isso indica que a *Paubrasilia echinata*, em média, desenvolve uma copa mais extensa em relação à sua Ht, comparada à *Senna siamea*.

Sendo assim, o resultado encontrado sugere que, de forma geral, as árvores analisadas têm uma maior proporção de sua altura ocupada pela fitomassa de galhos e folhas, em vez do tronco, o que pode ser interpretado como um indicador positivo de vitalidade arbórea (Torres *et al.*, 2019).

As espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* apresentaram valores médios de IS de 0,70 e 0,38, respectivamente, indicando que as copas dessas árvores são 70 e 38 vezes maiores que os diâmetros de seus troncos. Essa diferença nos valores médios entre as duas espécies revela características distintas de crescimento e estrutura da copa, o que pode influenciar sua utilização e capacidade de interceptação pluvial.

O IS pode ser empregado como um parâmetro indicativo do espaço requerido por cada árvore quando atinge um determinado diâmetro, expressando quanto o Dc é maior que o DAP (Silva *et al.*, 2017). No estudo de Silva *et al.* (2019), no qual analisaram a morfometria de *Tabebuia aurea* Silva Manso, Benth. & Hook.f. ex S.Moore, apresentou variação média para o

IS de 0,24, indicando um crescimento significativo na espessura do DAP em relação ao diâmetro da copa. Assim, a espécie analisada possui uma copa que é 24 vezes o DAP.

Ambas as espécies analisadas (Tabela 2) apresentam variação no Índice de Abrangência (IA). No entanto, *Senna siamea* mostra uma maior amplitude de variação, com valores mínimos de 0,22 e máximos de 2,09. Essa amplitude sugere uma maior variação na forma e estrutura da copa entre os indivíduos de *Senna siamea* em comparação com *Paubrasilia echinata*, evidenciando características distintas de desenvolvimento.

O IA é uma métrica utilizada para determinar a relação entre o diâmetro da copa e a altura total. Bobrowski e Biondi (2017) realizaram um estudo que avaliou o IA da espécie *Lagerstroemia indica* L., encontrando um índice de 1,87, apontando que o diâmetro da copa é significativamente maior que a altura.

Os valores de FC refletem os diferentes graus de achatamento das copas das espécies analisadas. Os indivíduos de *Paubrasilia echinata* obtiveram o grau de copa achatada variando de 1,19 a 3,50, os indivíduos de *Senna siamea* apresentaram níveis variados de copa, com formas que variam de esbeltas a achatadas variando de 0,31 a 3,87. Essa variação pode ser atribuída a fatores ambientais específicos e às características específicas de cada espécie. Os resultados destacam a importância de considerar a morfologia da copa ao estudar a morfometria dessas espécies.

O valor do FC fornece o grau de achatamento das copas. Quando o valor do FC é igual a 1,0, isso significa que a copa é perfeitamente redonda, Por outro lado, valores de FC abaixo de 1,0 sugerem que as copas são mais esbeltas e alongadas. Já valores de FC acima de 1,0 indicam copas mais achatadas e dispersas lateralmente (Silva *et al.*, 2017).

3.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS E VARIÁVEIS DE PERMEABILIDADE E VOLUME DE COPA

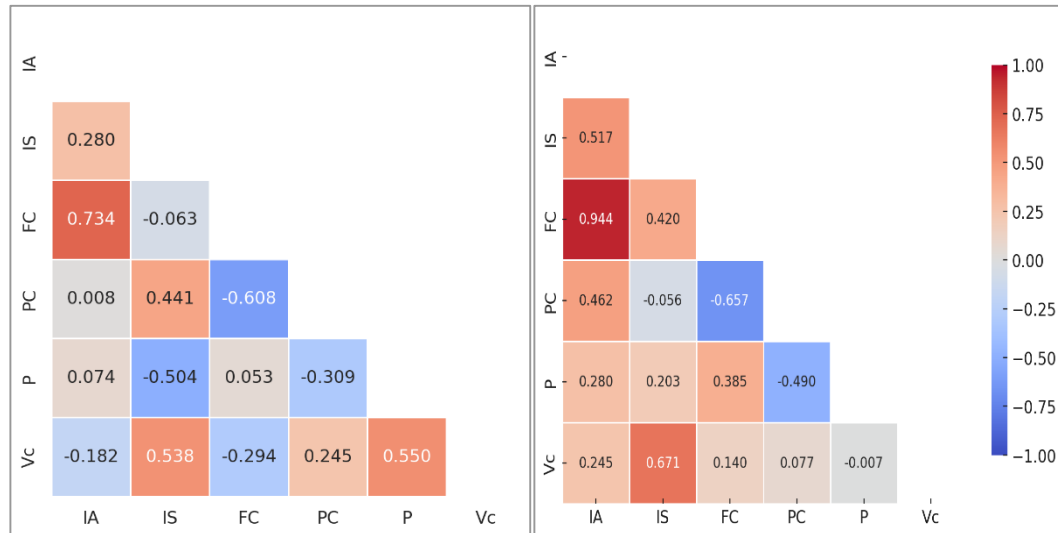
Foi realizada a correlação entre os índices morfométricos avaliados (Proporção de Copa, Índice de Saliência, Índice de Abrangência e Formal de Copa), assim como entre esses índices e as variáveis de Permeabilidade e Volume de Copa. Para a espécie *Paubrasilia echinata* (Figura 10), uma forte correlação positiva entre o IA e o FC (0,734), indica que, à medida que o Dc aumenta em relação à Ht, há também um aumento significativo na relação entre o Dc e a Hc. Isso reflete uma proporcionalidade direta entre essas dimensões da árvore. Apesar de ser uma correlação muito fraca, a significância indica que existe uma pequena, mas estatisticamente relevante, relação entre a PC e o IA (0,008), sugerindo uma influência da Hc na relação do Dc com a Ht. A correlação moderada entre o IS e a PC (0,441), indica que há uma tendência de

que árvores com uma maior relação entre o Dc e o DAP também apresentem uma PC mais elevada em Ht. A correlação negativa forte entre o FC e PC (-0,608) indica que um aumento na relação entre o diâmetro da copa e a altura da copa (FC) está associado a uma redução na proporção de copa em relação à altura total (PC). A correlação positiva entre a P e o Vc sugere que árvores com maior volume de copa tendem a permeabilizar maior quantidade de água e ter um impacto significativo na interceptação pluvial.

Para *Senna siamea* há correlação moderada positiva e significativa entre o IA e o IS (0,517) . Isso sugere que árvores com maior Dc em relação à Ht tendem a ter um Dc mais associado ao DAP. Essa relação pode ser um indicativo de um padrão de crescimento que privilegia tanto a expansão horizontal quanto vertical da copa. Existe correlação fraca, mas significativa, entre P e o IS. Isso sugere que, mesmo que a relação seja fraca, há uma influência da permeabilidade da copa na relação entre o Dc e o DAP. A correlação negativa moderada P e PC (-0,490) indica que uma maior permeabilidade da copa está associada a uma redução na proporção da copa em relação à Ht. Existe uma correlação moderada a forte e significativa entre o Vc e o IS. Árvores com maior volume de copa tendem a ter uma maior relação entre o DC e o DAP. Embora a correlação entre Vc e PC (0,077*) seja muito fraca, ela é significativa. Isso sugere uma relação mínima, mas presente, entre essas duas variáveis.

Estudo com *Tectona grandis* L, indentificou alta correlação positiva entre o FC e o Índice de Abrangência IA (0,84). Essa forte correlação pode ser explicada pelo Dc das árvores, especialmente em árvores que apresentam copas esbeltas. Isso indica que, conforme o Dc aumenta em relação à Ht, há também um aumento proporcional na relação entre o Dc e a Hc (Oliveira *et al.*, 2018).

Figura 10: Matriz de correlação de Spearman para os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (esquerda) e *Senna siamea* (direita), presentes na arborização urbana do *campus* sede da UFRPE.



Legenda: IA: Índice de Abrangência ; IS: Índice de Saliência; FC: Formal de Copa; PC: Proporção de copa; P: Permeabilidade de copa; Vc: Volume de copa; *significativo a 5%.

Fonte: A autora (2024).

No estudo realizado por Ivasko Júnior *et al.* (2021), foi observada uma correlação positiva entre a Proporção de Copa (PC) e o Índice de Saliência (IS) para a espécie *Jacaranda mimosifolia*. Além disso, uma correlação positiva também foi identificada entre a Proporção de Copa (PC) e o Índice de Abrangência (IA) tanto para *Jacaranda mimosifolia* quanto para *Ligustrum lucidum*. Essa correlação positiva indica que, nessas espécies, à medida que a altura e o diâmetro da copa das árvores aumentam, há um incremento nos valores desses índices morfométricos.

A relação inversamente proporcional entre o FC e o PC é esperada, pelo fato de que a PC é calculada como a porcentagem que esta representa em relação à altura total da árvore, enquanto o FC é determinado pelo seu grau de achatamento da copa (Silva *et al.*, 2017). O estudo de Selbing *et al.* (2022) quantificou os benefícios de redução de volume de escoamento proporcionados pelas copas das árvores urbanas. O estudo encontrou que a remoção de árvores de rua resultou em um aumento significativo no volume de escoamento superficial, destacando a importância das árvores para a permeabilidade através das copas.

No estudo conduzido por Silva *et al.* (2017) com a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, foi observada uma relação significativa entre o IS e o IA. Os resultados indicaram uma forte correlação entre essas duas variáveis, sugerindo uma dependência direta com o diâmetro da copa. Essa correlação destaca a importância do Dc como um fator determinante na estruturação dessas árvores. Isso pode significar que copas menores tendem a

ocupar menos da Ht. Um menor valor do IS indica que a árvore possui uma maior área de superfície de copa, ou área de assimilação, utilizando o espaço de forma mais eficiente em relação a uma determinada área de projeção da copa (Wink, 2012).

Conforme o DAP aumenta, também se observa um aumento significativo na área de superfície da copa e no volume de copa das árvores. Essa tendência linear positiva entre o DAP e as dimensões da copa indica que, à medida que o tronco da árvore se desenvolve em espessura, ocorre simultaneamente uma expansão tanto na largura quanto no volume da copa (Silveira *et al.*, 2021).

4. CONCLUSÃO

A análise das características dendrométricas e morfométricas dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* revela informações importantes sobre a interação dessas espécies com o ambiente urbano. As análises dendrométricas, incluindo DAP, Altura total, Altura da primeira bifurcação, Altura da copa, Diâmetro e Área da copa, indicam o potencial dessas árvores em promover serviços ecossistêmicos como a regulação hídrica por meio da interceptação pluviais. Dessa forma, tanto *Paubrasilia echinata* quanto *Senna siamea* apresentam características relevantes que as tornam opções adequadas para a arborização urbana.

A relação entre o Dc e os índices morfométricos, como a Proporção de Copa (PC) e o Índice de Saliência (IS), sugere que um aumento no Diâmetro da copa geralmente resulta em uma maior área de superfície disponível para a captação de água por meio da interceptação pluvial.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. P.; PINHEIRO ALVES, L.; DANTAS NASCIMENTO, A. J.; SANTOS BATISTA, M. Arborização urbana: reflexões sobre o processo de educação ambiental. **Conjecturas**, v. 22 n. 2, p. 659–671. 2022. <https://doi.org/10.53660/CONJ-733-A17>.
- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M.; TRALDI, M. A. B. Interferências de espécies arbóreas na interceptação das águas pluviais urbanas. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**(Online), v.47, p.89-100, 2018. Doi:<https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180214>
- ANY, M.; WEILER, M. Rain interception by urban trees: Characteristics of the event and morphological traits of trees. **Hydrological Processes**, v. 38, n. 4, p.15146, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.15146>.

BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, v. 162, p. 167–177, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>.

BERLAND, A; HOPTON, M E. Comparing street tree assemblages and associated stormwater benefits among communities in metropolitan Cincinnati, Ohio, USA. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 13, n. 4, p. 734-741, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.06.004>.

BISHARA, A. J.; HITTNER, J. B. Testing the significance of a correlation with nonnormal data: comparison of Pearson, Spearman, transformation, and resampling approaches. **Psychological methods**, v. 17, n. 3, p. 399, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1037/a0028087>.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.12, n.1, p.01-16, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v12i1.63493>.

CENTER FOR URBAN FOREST RESEARCH. The Large Tree Argument: The case for Large-Stature Tree vs. Small-Stature Tree. Washington: Forest Service, 2004.

DOWTIN, A. L.; CREGG, B. C.; NOWAK, D. J.; LEVIA, D. F. TOWARDS OPTIMIZED RUNOFF REDUCTION THROUGH URBAN TREE COVER: A review of key tree physical characteristics, site conditions and management strategies. **Landscaping and Urbanism**, v.239, p.104849, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104849>.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.

GAGNON, E.; LEWIS, G.P.; LIMA, H.C. *Paubrasilia in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB602728>. Acesso em: 04 ago. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: CDDI/IBGE, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1). Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em : 29 de abril de 2024.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Caracterização da População 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>: Acesso em 13 maio 2024.

IVASKO JÚNIOR, S. I.; BIONDI, D.; DOS REIS, A. R. N.; BEHLING, A.; MARTINI, A. Análise morfométrica de árvores em áreas verdes na região central de Curitiba, Paraná. **Nature and Conservation**, v.14, n.4, p.137-147. (2021). Doi: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.004.0013>.

KLEIN, D. R.; HESS, A. F.; KREFTA, S. M.; VIEIRA FILHO, M. D. H.; CIARNOSCKI, L. D.; COSTA, E. A. RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS PARA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM SANTA CATARINA. **Floresta**, v. 47, n. 4, 2017. Doi: 10.5380/rf.v47i4.49667.

LIMA NETO, E. M.; BARDELLI-DA-SILVA, M. Y. ; SILVA, A.R. ; BIONDI, D. .
ARBORIZAÇÃO DE RUAS E ACESSIBILIDADE NO BAIRRO CENTRO DE
CURITIBA-PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 5, p. 65-79, 2010.

LIN, G.; WAN, L.; CUI, M.; WU, B.; ZHOU, J. Influence of canopy interception and rainfall kinetic energy on soil erosion under forests. **Forests**, v. 10, n. 6, p. 509, 2019.
Doi: <https://doi.org/10.3390/f10060509>.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F.; WHITSON, P. D. Size-biomass relationships of several Chihuahuan desert shrubs. **American Midland Naturalist**, v. 94, n. 2, p. 451-461, 1975. Doi: <https://doi.org/10.2307/2424437>.

MANUAL DE ARBORIZAÇÃO: orientações e procedimentos técnicos básicos para a implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife / Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade – **SMAS**. 2. Ed. – Recife, p.71, 2017.

OLIVEIRA, D. V.; OLIVEIRA, T. G.; MAESTRI, M. P.; AQUINO, M. G. C.; SILVA CARNEIRO, F.. Análise da arborização no bairro centro de Santarém, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35045-35049, 2020. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-153>.

OLIVEIRA, T. M.; MADI, J. P. S.; CERQUEIRA, C. L.; MILLIKAN, P. H. K., DE LIMA CHAVES, M. P.; DE PÁDUA CHAVES, S. Relações morfométricas para árvores de *Tectona grandis*. **Advances in Forestry Science**, v.5, n.4, p.461-465, 2018.
Doi: 10.34062/afs.v5i4.6617

ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias, Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun. 2008. Doi: <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v6i2.10496>.

PRETZSCH, H.; FORRESTER, D. I.; RÖTZER, T. Representation of species mixing in forest growth models. A review and perspective. **Ecological Modelling**, v. 313, p. 276-292, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.06.044>.

RAGULA, A.; CHANDRA, K. K. Tree species suitable for roadside afforestation and carbon sequestration in Bilaspur, India. **Carbon Management**, v.11, n.4, p.369-380. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1790243>.

SELBING, W. R.; LOHEID, S. P.; SCHUSTER, W., SCHARENBRUCH, B. C.; COVILLE, R. C.; KRUEGLER, J., AVERY, W., HAEFNER, R. J.; NOWAK, D. Quantifying the stormwater runoff volume reduction benefits of urban street tree canopy. U.S. Geological Survey. 2022 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151296.

SILVA, F. A.; FORTES, F. O.; RIVA, D.; SCHORR, L. P. B. Caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 143-146, 2017. Doi: <https://doi.org/10.34062/afs.v4i3.5111>.

SILVA, L. G.; VIEIRA, A.C.S.; DOS SANTOS, A.A.L.; DA SILVA, N.L.; FLORIANO, E. P.. Morfometria de *Tabebuia aurea* (Silva Manso, Benth. & Hook. f. ex s. Moore) em trechos da Universidade Federal de Alagoas, em Maceió, AL. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 5, n. 12, p. 32445-32454, 2019. DOI:10.34117/bjdv5n12-310.

SILVEIRA, A. C.; HESS, A. F.; SCHORR, L. P. B.; STEPKA, T. F.; KREFTA, S. M.; ATANAZIO, K. A. Variáveis de copa na determinação da densidade máxima de florestas de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze. *Scientia Forestalis*, v.49, n.130, p.3545, 2021. Doi: <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.16>.

TORRES, V. S.; TODESCHINI, F. FARIAS, M. F. Morfometria de *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, em floresta urbana de Porto Alegre. *Biociências*, Taubaté, v. 25, n. 1, p. 20-30, 2019.

VASCONCELLOS, V. M. N. Método para a classificação da permeabilidade de copa de árvores São Carlos. **Revista V! RUS** v.1 n. 20, 2020.

WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; BEINERT, D. J; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis (Brazil)**, v. 40, n. 93, 2012.

WU, J.; LIU, L.; SOL, C.; SU, Y.; WANG, C.; YANG, J.; LIÃO, J.; ELE, X.; LI, Q.; ZHANG, C. Estimating vegetation canopy rainfall interception from MODIS imagery in southern China. *Remote Sensor* . v.1,1 n.21, p. 2468. 2019.

XIAO, Q.; MCPHERSON, E. G. Surface Water Storage Capacity of Twenty Tree Species in Davis, California. **Journal Of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 188-198, jan. 2016. Wiley. Doi: <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2015.02.0092>.

YANG, B.; LEE, D. K.; HEO, H. K.; BIGING, G. The effects of tree characteristics on rainfall interception in urban areas. **Landscape and Ecological Engineering**, v. 15, p. 289-296, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11355-019-00383-w>.

CAPÍTULO 2

CAPACIDADE DE INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DAS ESPÉCIES *Paubrasilia echinata* E *Senna siamea*

ALVES, MARIA DAIZA DE SOUSA. **CAPACIDADE DE INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DAS ESPÉCIES *Paubrasilia echinata* E *Senna siamea***. 2025. Orientador: Everaldo Marques de Lima neto.

RESUMO

O objetivo deste capítulo foi caracterizar os eventos chuvosos e quantificar a Precipitação Bruta, Precipitação Interna e a Interceptação pela Copa, em indivíduos de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis e *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, a fim de entender o potencial dessas espécies na interceptação pluvial. O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde foram selecionados dezoito indivíduos de duas espécies: *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*. As variáveis meteorológicas foram fornecidas pela Estação Meteorológica da UFRPE. Foram confeccionados 18 pluviômetros, que foram instalados sob as copas das árvores para análise pluviométrica. As coletas foram realizadas em dois períodos: de outubro a dezembro e de fevereiro a abril, avaliando-se a Precipitação Interna (PI), Precipitação Bruta (PB) e Interceptação de Copa (IC) após cada evento chuvoso. Além disso, foram realizadas análises dendrométricas e morfométricas para avaliar a relação entre as variáveis estruturais das árvores e a interceptação pluvial. As variáveis analisadas incluíram Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (Ht), Altura de Copa (Hc), Diâmetro de Copa (Dc) e Área de Copa (Ac), além dos índices morfométricos Proporção de Copa (PC), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Formal de Copa (FC). A PI para *Paubrasilia echinata* apresentou média de 5,06 mm, enquanto para *Senna siamea* foi de 6,4 mm. Já a IC foi de 7,33 mm para *Paubrasilia echinata* e 8,15 mm para *Senna siamea*. Indicando que *Senna siamea* apresentou uma maior capacidade de interceptação. Em termos volumétricos, *Paubrasilia echinata* interceptou 7.330 L de água e *Senna siamea*, 8.150 L. A ANOVA indicou que há diferenças significativas entre os totais de precipitação para diferentes tipos de eventos chuvosos, evidenciando que a intensidade da chuva afeta a capacidade de interceptação pluvial das árvores. Foi observada uma correlação negativa moderada a forte entre a precipitação total e a Interceptação pela copa para ambas as espécies. Para *Paubrasilia echinata*, observou-se que a correlação entre a altura total (Ht) e a precipitação foi praticamente nula (0,00). No entanto, foi identificada uma correlação moderada positiva entre a Área de Copa (Ac) e a precipitação (0,24), sugerindo que a precipitação tende a aumentar conforme a área da copa, influenciando a quantidade de água interceptada. Para a *Senna siamea* a variável precipitação não apresentou correlações significativas com as demais variáveis, registrando valores baixos em relação a todas, como -0,28 para Ht, -0,19 para Hc e 0,15 para Ac. Ambas as espécies estudadas, *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, desempenham um papel significativo na interceptação da água da chuva. Em particular, a espécie *Senna siamea* apresenta uma capacidade superior de retenção de água.

Palavra-chave: Arborização urbana, Eventos chuvosos, Precipitação.

ALVES, MARIA DAIZA DE SOUSA. **RAIN INTERCEPTION CAPACITY OF THE SPECIES *Paubrasilia echinata* AND *Senna siamea***. 2025. Advisor: Everaldo Marques de Lima Neto.

ABSTRACT

The objective of this chapter was to characterize rainfall events and quantify Gross Precipitation (GP), Throughfall (TF), and Canopy Interception (CI) in individuals of *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis and *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, in order to understand how these species influence rainfall interception. The experiment was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), where eighteen individuals of both species were selected. Meteorological variables were provided by the UFRPE Meteorological Station. A total of 18 rain gauges were installed under the tree canopies for rainfall analysis. Data collection was carried out in two periods: from October to December and from February to April, evaluating Throughfall (TF), Gross Precipitation (GP), and Canopy Interception (CI). In addition, dendrometric and morphometric analyses were performed to assess the relationship between the structural variables of the trees and rainfall interception. The variables analyzed included Diameter at Breast Height (DBH), Total Height (Ht), Canopy Height (Hc), Canopy Diameter (Dc), and Canopy Area (Ac), as well as the morphometric indices Canopy Proportion (CP), Saliency Index (SI), Canopy Coverage Index (CCI), and Canopy Form (CF). The average TF for *Paubrasilia echinata* was 5.06 mm, while for *Senna siamea*, it was 6.4 mm. The CI was 7.33 mm for *Paubrasilia echinata* and 8.15 mm for *Senna siamea*, indicating that *Senna siamea* showed a higher interception capacity. In volumetric terms, *Paubrasilia echinata* intercepted 7,330 L of water, and *Senna siamea* retained 8,150 L. The ANOVA indicated significant differences in total precipitation for different types of rainfall events, showing that rainfall intensity affects the interception capacity of trees. A moderate to strong negative correlation was observed between total precipitation and Canopy Interception for both species. For *Paubrasilia echinata*, the correlation between total height (Ht) and precipitation was almost null (0.00). However, a moderate positive correlation was found between Canopy Area (Ac) and precipitation (0.24), suggesting that precipitation tends to increase as the canopy area expands, influencing the amount of intercepted water. For *Senna siamea*, the precipitation variable did not show significant correlations with other variables, recording low values for all, such as -0.28 for Ht, -0.19 for Hc, and 0.15 for Ac. Both species, *Paubrasilia echinata* and *Senna siamea*, play a significant role in rainfall interception. In particular, *Senna siamea* demonstrates a higher water retention capacity.

Keywords: Urban forestry, Rainfall events, Precipitation.

1 INTRODUÇÃO

Em áreas urbanas, as árvores desempenham um papel crucial na modificação do ciclo hidrológico e das condições climáticas locais. A capacidade de interceptação pluvial das copas arbóreas contribui para o controle do escoamento superficial e a redução do risco de enchentes, restaurando processos hidrológicos que mitigam os impactos negativos da urbanização (Yang *et al.*, 2019; Carlyle-Moses *et al.*, 2020). Dessa forma, a inclusão de árvores no planejamento urbano é essencial para a gestão hídrica, pois suas copas ajudam a interceptar a chuva e reduzem o volume de água que atinge o solo.

A interceptação pluvial é um processo que se inicia com o armazenamento temporário da água da chuva nas superfícies das árvores, como folhas, caules e galhos, durante o início de um evento chuvoso (Berland *et al.*, 2017). Parte dessa água evapora de volta para a atmosfera, resultando na chamada perda de interceptação, enquanto outra parte atinge o solo diretamente ou por meio do escoamento pelo tronco, que ocorre quando a água é drenada pelos galhos e canalizada ao longo do tronco principal (Zhang *et al.*, 2016).

Estudos como o de Xiao e McPherson (2016) analisaram a quantitativa da capacidade de armazenamento de água superficial de vinte espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana em Davis, Estados Unidos, fornecendo uma base importante para avaliar a eficiência dessas espécies em diferentes contextos ambientais. De maneira semelhante, Asadian e Weiler (2019) calcularam o potencial de interceptação de árvores urbanas e compararam esses valores com o de árvores em formações naturais, evidenciando as variações no comportamento hidrológico entre espécies em ambientes urbanos e florestais. Tais abordagens são essenciais para compreender como a estrutura e a densidade da vegetação influenciam a interceptação pluvial e o consequente escoamento superficial.

Embora muitos estudos abordem a precipitação e a interceptação pelas copas das árvores, ainda há poucas pesquisas que investiguem de forma aprofundada a capacidade de interceptação pluvial de espécies arbóreas específicas em ambientes urbanos. A maioria das pesquisas concentra-se em avaliar o impacto geral da cobertura arbórea na retenção de água e na redução do escoamento superficial, porém poucas analisam com características dendrométricas e morfométricas influenciam diretamente a eficiência de interceptação em cada espécie.

O objetivo deste capítulo é caracterizar os eventos chuvosos e quantificar a precipitação bruta, precipitação interna e a interceptação pela copa em indivíduos das espécies de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis e *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby.

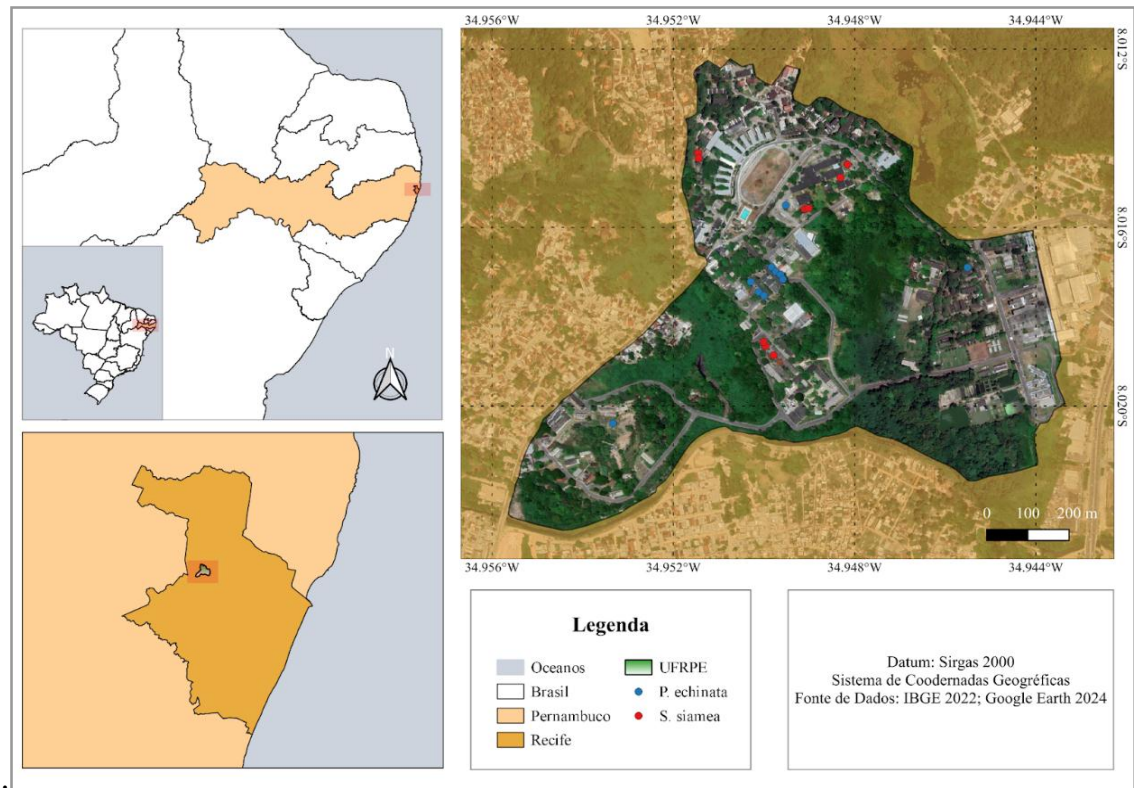
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Pernambuco, *campus sede*, localizada no município de Recife, capital do estado de Pernambuco, está localizado no Nordeste do Brasil, na região costeira. Ocupa uma área territorial de 218,843 km² e tem uma população estimada de de 1.488.920 habitantes (IBGE, 2022).

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, *campus sede* (Figura 1), (latitude: -8,0163; longitude: -34,9504), está situado dentro um dos mais representativos remanescentes de Mata Atlântica do município de Recife, com expressiva cobertura vegetal, com uma área de aproximadamente 147 há. (Moraes; Shinohara, 22022).

Figura 1: Localização geográfica da área e disposição dos indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, no *campus sede* da Universidade Federal Rural de Pernambuco.



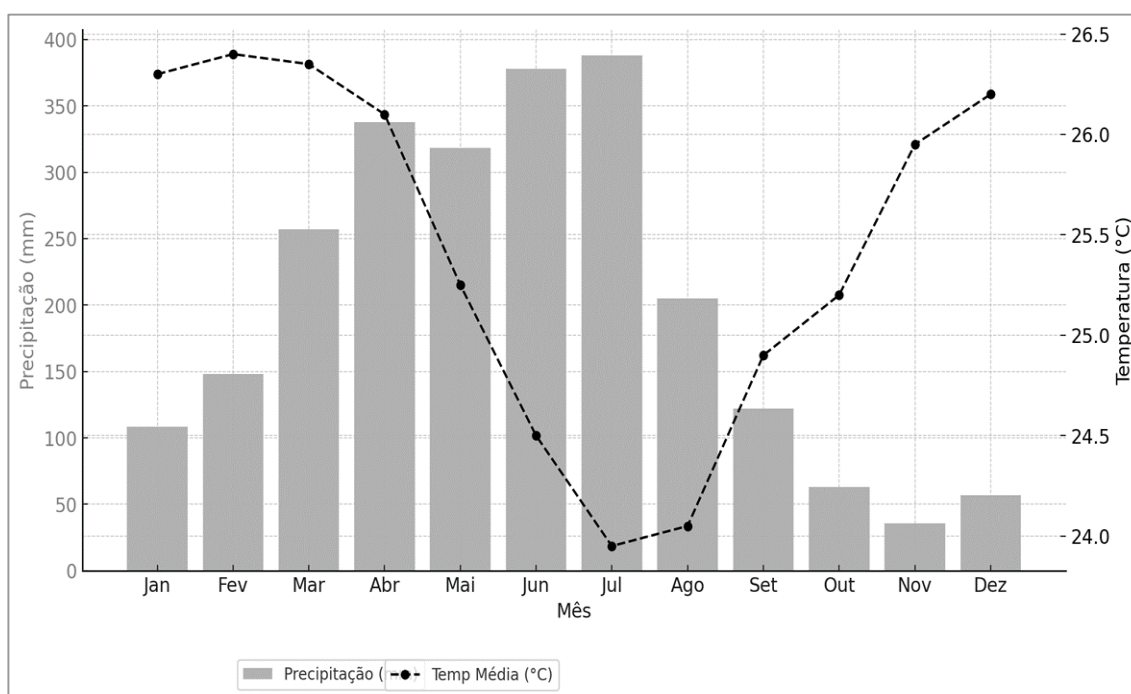
Fonte: A autora (2024).

Os índices pluviométricos concentrados entre os meses de abril e julho tornam esse período o mais crítico no que se refere aos problemas decorrentes de desastres naturais na

Região Metropolitana do Recife (RMR) (ANA, 2021). Entre outubro e janeiro, embora os índices pluviométricos sejam reduzidos, ainda ocorrem eventos de acúmulo e intensidade das chuvas.

De acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Clima- APAC (2023), no ano de 2023 foi registrado uma média de temperatura de 25,5 °C e precipitação de 2.074,7 mm (Figura 2). No qual os meses junho e julho foram os que apresentaram maior quantidade de precipitação e meses de outubro e novembro menor quantidade de precipitação.

Figura 2: Valores Climatológicos de Precipitação (mm) e Temperatura média (°C), nos meses do ano 2023, em Recife.



Fonte: A autora baseado em APAC (2023).

2.2 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

Foram selecionadas duas espécies para a pesquisa *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis e *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby. O critério para a seleção dessas espécies foi a presença na arborização do Recife-PE e quantidade no *campus sede* da Universidade Federal Rural de Pernambuco para prosseguimento da coleta pluviométrica. Sendo que foram selecionados dezoito indivíduos arbóreos, nove para cada espécie.

A seleção do local foi feita por amostragem do tipo conveniência, considerando a segurança para a montagem do experimento e a logística do acompanhamento periódico dos

dados a serem coletados. Quanto à segurança, estabeleceu-se a escolha em locais que tinham maior fluxo de pedestres e próximos às áreas construídas do *campus sede*.

2.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As variáveis meteorológicas foram fornecidas pela Estação Meteorológica da UFRPE, localizada no Departamento de Tecnologia Rural. Essa estação é responsável pelo registro de dados como temperatura horária (em graus Celsius) e precipitação diária (em milímetros).

2.4 ANÁLISE PLUVIOMETRICA

2.4.1 Caracterização dos eventos chuvosos e Precipitação bruta

Os eventos chuvosos foram classificados em quatro categorias, de acordo com as classificações previstas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, sd): chuva fraca (< 2,5 mm), chuva moderada (entre 2,5 mm e 10 mm), chuva forte (entre 10 mm e 50 mm) e chuva muito forte (> 50 mm). Para essa classificação foram utilizados os dados de Precipitação Bruta obtidos para evento, correspondendo à precipitação acumulada total em cada evento chuvoso, foram fornecidos pelos dados da estação meteorológica da UFRPE.

2.4.2 Confeção dos pluviômetros

Conforme a metodologia estabelecida por Silva e Santos (2018), foram confeccionados 18 pluviômetros caseiros (Figura 3), para medição da interceptação pluvial em cada indivíduo arbóreo. Estes pluviômetros foram instalados diretamente abaixo das copas das árvores. Para a confecção, utilizamos materiais simples como uma régua de 30 cm e fita adesiva e garrafas PET, que foram fixados a um cano posicionado a 1,5 metros do solo.

Figura 3: Pluviômetros confeccionados com garrafa pet e posição dos pluviômetros em campo.



Fonte: A autora (2024).

2.4.3 Análise da precipitação

Os equipamentos foram instalados no *campus sede* da Universidade Federal Rural de Pernambuco durante dois períodos distintos, sendo: de outubro a dezembro de 2023 e de fevereiro a abril de 2024. Esses intervalos foram escolhidos para capturar as variações sazonais, sendo que os meses de outubro a dezembro são considerados os mais secos, e os meses de fevereiro a abril possuem maior precipitação. As coletas de dados ocorreram após cada evento chuvoso, totalizando 50 eventos registrados durante o período de estudo. As coletas foram realizadas em proveta graduada de 100 ml, para sequência dos cálculos pluviométricos, foram transformando de ml para mm.

2.4.4 Cálculo da interceptação pluvial

Para o cálculo da interceptação pluvial, foram adotadas duas fontes distintas para a medição dos dados pluviométricos. A Precipitação Bruta (PB), que corresponde à precipitação acumulada total em cada evento chuvoso, foi obtida a partir dos dados da estação meteorológica da UFPRE. Já a Precipitação Interna (PI), representando a precipitação sob as copas, foi medida por meio de pluviômetros instalados diretamente abaixo das copas de cada indivíduo arbóreo, conforme a metodologia proposta por Silva e Santos (2018):

$$IC = PB - PI$$

Onde: IC: Interceptação pela Copa; PB: Precipitação Bruta (precipitação acumulada total em cada evento chuvoso, mm); PI: Precipitação Interna (precipitação sob a copa, mm).

A relação entre a quantidade de água interceptada e a capacidade de armazenamento de uma caixa d'água de 1000 litros foi realizada para avaliar a eficiência da interceptação da água em comparação com a capacidade de retenção de um reservatório padrão.

2.5 ANÁLISE DENDROMÉTRICA E MORFOMÉTRICA

As análises dendrométricas foram realizadas para cada indivíduo por espécie, abrangendo as seguintes variáveis: O Diâmetro à Altura do Peito (DAP; cm) foi medido a 1,30 metros do solo e calculado a partir da Circunferência à Altura do Peito (CAP; cm), obtida em campo com fita métrica. A Altura Total (Ht; m) medida da base até o ápice da árvore, enquanto a Altura da Primeira Bifurcação (Hpb; m) altura da base da árvore até o primeiro ponto de ramificação principal, (Hc; m) distância entre a base da copa e o topo da árvore, sendo todas as alturas medidas pelo aplicativo Arboral Tree ©. O Diâmetro da Copa (Dc; m) foi determinado pela medição dos raios em quatro direções específicas (Norte, Sul, Leste e Oeste) utilizando uma trena de 20 metros e. Área de copa em metros ² (Ac; m²). A área d3 copa foi estimada pela fórmula da área de uma elipse, considerando a representação da copa por dois diâmetros perpendiculares. O maior diâmetro (D1) foi obtido pela soma dos raios nas direções Norte-Sul (N-S), e o menor diâmetro (D2), pela soma dos raios nas direções Leste-Oeste (L-O). Ambos os diâmetros foram calculados a partir das medições dos quatro raios coletados em campo.

Após a mensuração dendrométrica, foi realizada uma análise morfométrica baseada na metodologia de Durlo e Denardi (1998), incluindo os seguintes índices: A Proporção de Copa (PC) representa a relação entre a Altura da copa e a Altura total. O Índice de Saliência (IS) é calculado a partir da razão entre o Diâmetro da copa e o Diâmetro à altura do peito (DAP). O Índice de Abrangência (IA) expressa a relação entre o Diâmetro da copa e a Altura total Já o Índice Formal da Copa (FC) é determinado pela razão entre o Diâmetro da copa e a Altura da copa.

2.6 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise de interceptação pluvial foram utilizados dados de Precipitação Bruta e Precipitação Interna, coletados em campo. As médias de precipitação interna para cada espécie foram comparadas e analisadas em relação à Precipitação Bruta. A correlação de *Spearman* foi aplicada para investigar a relação entre a Precipitação Bruta e a Interceptação pela copa.

Além disso, foi realizada uma Análise de Variância para examinar as diferenças da Precipitação Bruta sobre a Precipitação Interna.

A correlação de Spearman foi aplicada para correlacionar a Precipitação e variáveis dendrométricas, Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total (Ht), Altura da Copa (Hc), Diâmetro da Copa (Dc) e Área da Copa (Ac). Além disso, a mesma análise foi realizada para avaliar a relação da Interceptação Pluvial com índices morfométricos: Índice de Abrangência (IA), Índice de Saliência (IS), Formas da Copa (FC) e Proporção de Copa (PC).

As correlações de Spearman serão analisadas com base na (Tabela 1), seguindo os critérios estabelecidos por Schober; Boer; Schwarte (2018).

Tabela 1: Critérios de Classificação das Correlações de Spearman.

Valor	Interpretação
-1.0	Correlação perfeitamente negativa
-0.9 a -0.7	Correlação negativa forte
-0.7 a -0.5	Correlação negativa moderada
-0.5 a -0.3	Correlação negativa fraca
-0.3 a 0	Correlação negativa muito fraca
0	Sem correlação
0.0 a 0.3	Correlação positiva muito fraca
0.3 a 0.5	Correlação positiva fraca
0.5 a 0.7	Correlação positiva moderada
0.7 a 0.9	Correlação positiva forte
0.9 a 1.0	Correlação perfeitamente positiva

Fonte: Schober; Boer; Schwarte (2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

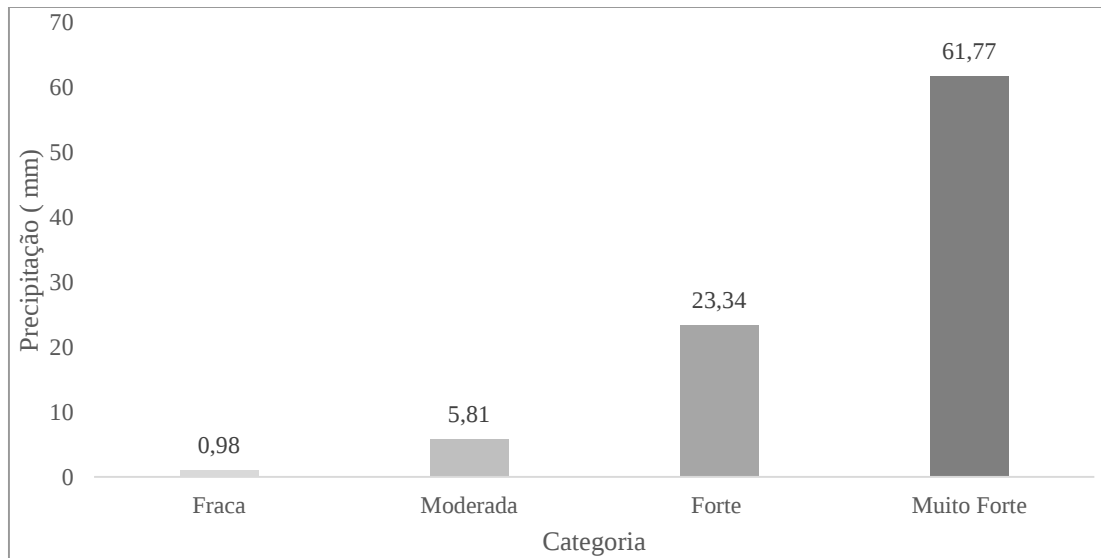
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS CHUVOSOS

Entre outubro e dezembro de 2023 e fevereiro e abril de 2024, foram avaliados 50 eventos de precipitação. A maior parte (64%) desses eventos foi classificada como chuvas fracas e moderadas, com 16 ocorrências em cada categoria, seguidas por 15 eventos de chuvas fortes e apenas 3 de chuvas muito fortes.

Na Figura 4 pode-se observar que as Chuvas fracas (até 2,5 mm) apresentaram uma média de 0,98 mm, totalizando 15,60 mm de precipitação. Enquanto isso, chuvas moderadas tiveram uma média de 5,81 mm por evento, somando 92,90 mm no período analisado. Chuvas fortes (10 até 50 mm), por sua vez, registraram uma média de 23,34 mm de precipitação, com

um acumulado de 350,11 mm. No entanto, os eventos de chuvas muito fortes se destacaram com uma média de 61,77 mm, totalizando 185,30 mm.

Figura 4: Média da precipitação por evento de acordo com as categorias: Fraca, Moderada, Forte e Muito Forte.

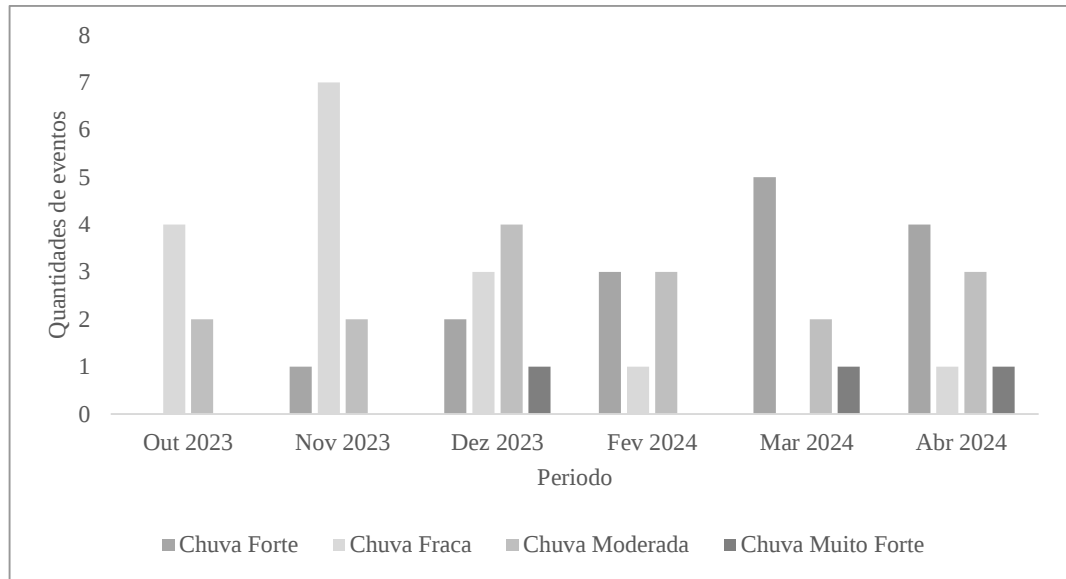


Fonte: A autora (2024).

As diferenças nas taxas de precipitação entre os eventos foram mais evidentes nas chuvas de média intensidade, pois eventos menores não foram suficientes para saturar completamente as áreas de armazenamento, que apresentavam alta capacidade de retenção de água (Huang *et al.*, 2017).

A Figura 5 apresenta a distribuição das categorias de chuva ao longo dos períodos analisados (Outubro de 2023 a Abril de 2024). Observa-se que a categoria de chuva fraca predominou em Novembro de 2023, registrando o maior número de eventos nesse período (7 ocorrências). Já as chuvas fortes foram mais frequentes em Março de 2024, destacando-se como o período com maior incidência desse tipo de precipitação. Além disso, eventos de chuva muito forte foram menos recorrentes, ocorrendo apenas em Dezembro de 2023, Março de 2024 e Abril de 2024, sugerindo que precipitações extremamente intensas foram esporádicas durante o período analisado. A variação entre os meses pode indicar padrões sazonais da precipitação em Recife-PE.

Figura 5: Distribuição das Categorias de Chuva por Período (Out 2023 – Dez 2023 e Fev 2024-Abr 2024).



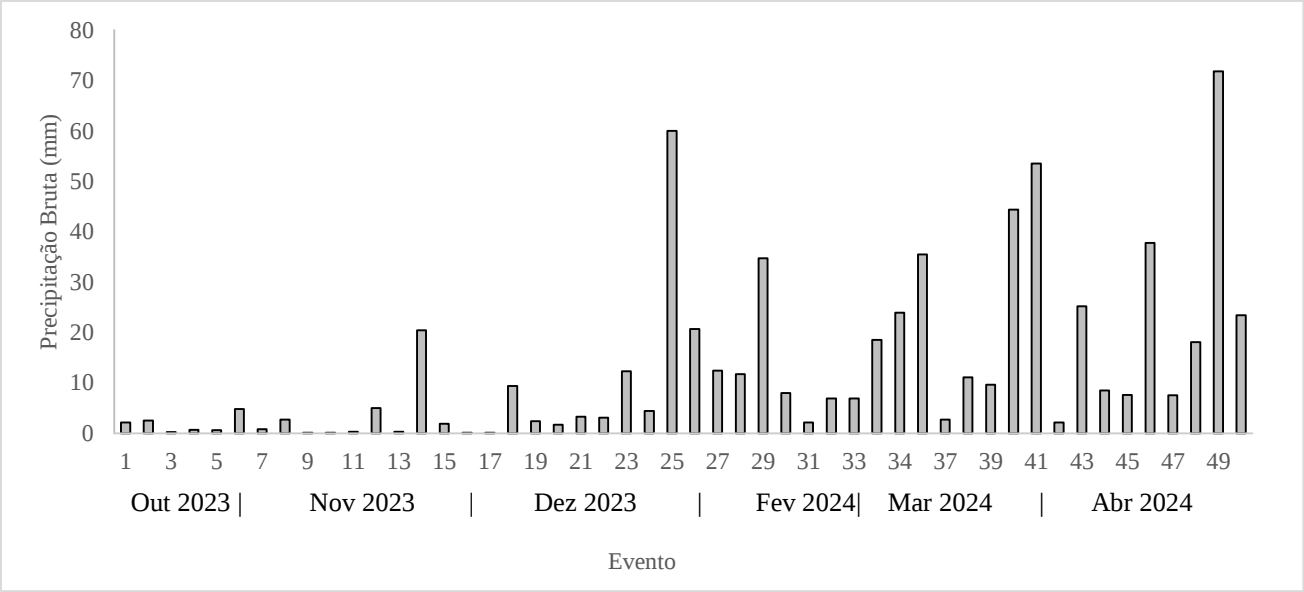
Apesar da elevada variabilidade pluviométrica, o período entre março e agosto concentra a maior frequência de eventos pluviométricos em Recife-PE, caracterizando esses meses como o período chuvoso da cidade. Em contrapartida, o período de setembro a fevereiro é classificado como o período seco, embora ainda possam ocorrer eventos pluviométricos esparsos, alguns dos quais apresentam níveis altos de precipitação bruta (Moreira; Nóbrega; Dubreuil, 2022).

3.2 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

3.2.1 Precipitação Bruta

Os eventos de chuva analisados no estudo foram divididos em dois períodos: o primeiro, de 1 a 26, ocorreu entre outubro e dezembro de 2023, e o segundo, de 27 a 50, entre fevereiro e abril de 2024. Os dados de precipitação bruta fornecidos pela estação meteorológica da UFRPE, apresentaram variação de 0,1 mm a 71,88 mm (Figura 6), e média de 12,5 mm nos eventos analisados.

Figura 6: Dados da Precipitação Bruta fornecida pela estação meteorológica da UFRPE.



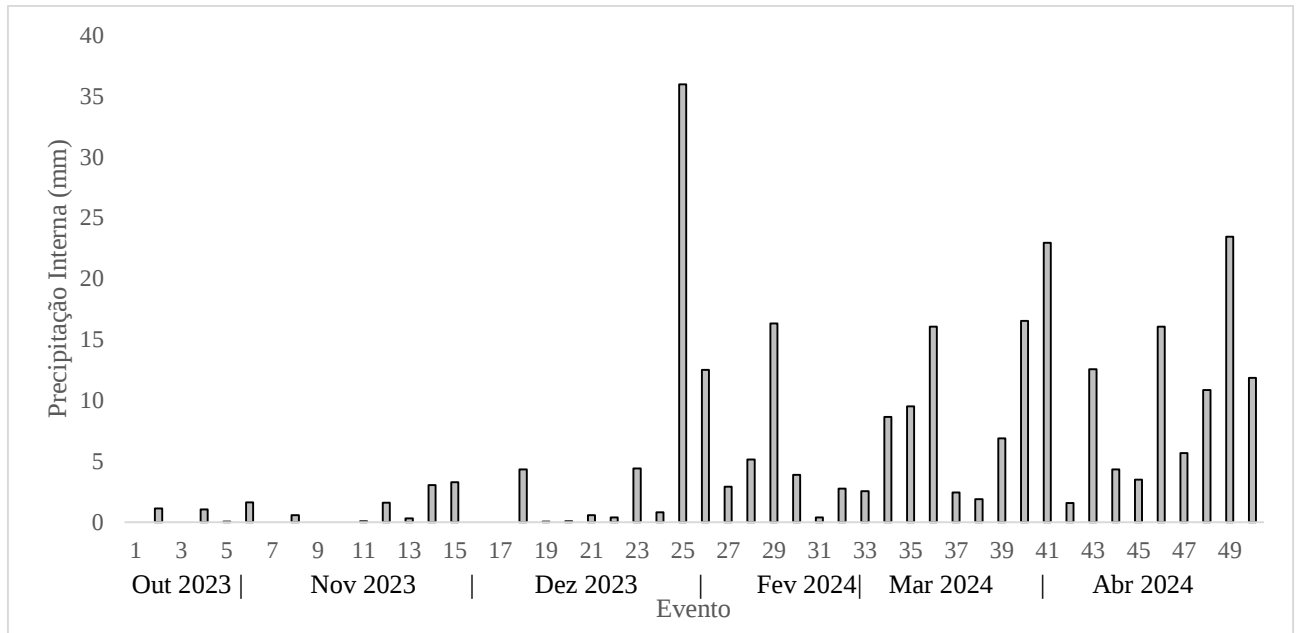
Fonte: A autora (2024).

Esses valores estão em consonância com os registros do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que indicam que, durante os meses de outubro a dezembro de 2023, a precipitação acumulada em Pernambuco apresentou, em alguns dias, volumes superiores a 50 mm. Além disso, boletins da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) referentes ao período de fevereiro a abril de 2024 também reportaram índices pluviométricos semelhantes, corroborando os dados obtidos pela estação da UFRPE.

3.2.2 Precipitação Interna sob a copa das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna Siamea*

A Precipitação Interna acumulada sob a copa de *Paubrasilia echinata* apresentou uma média de 5,06 mm, com valores variando entre 0 e 35,95 mm (Figura 7). Esse intervalo reflete a capacidade da copa em interceptar parte da Precipitação Bruta, com uma taxa média de interceptação registrada de 40%.

Figura 7: Precipitação Interna de indivíduos de *Paubrasilia echinata*, presente na arborização do Campus sede da UFRPE.

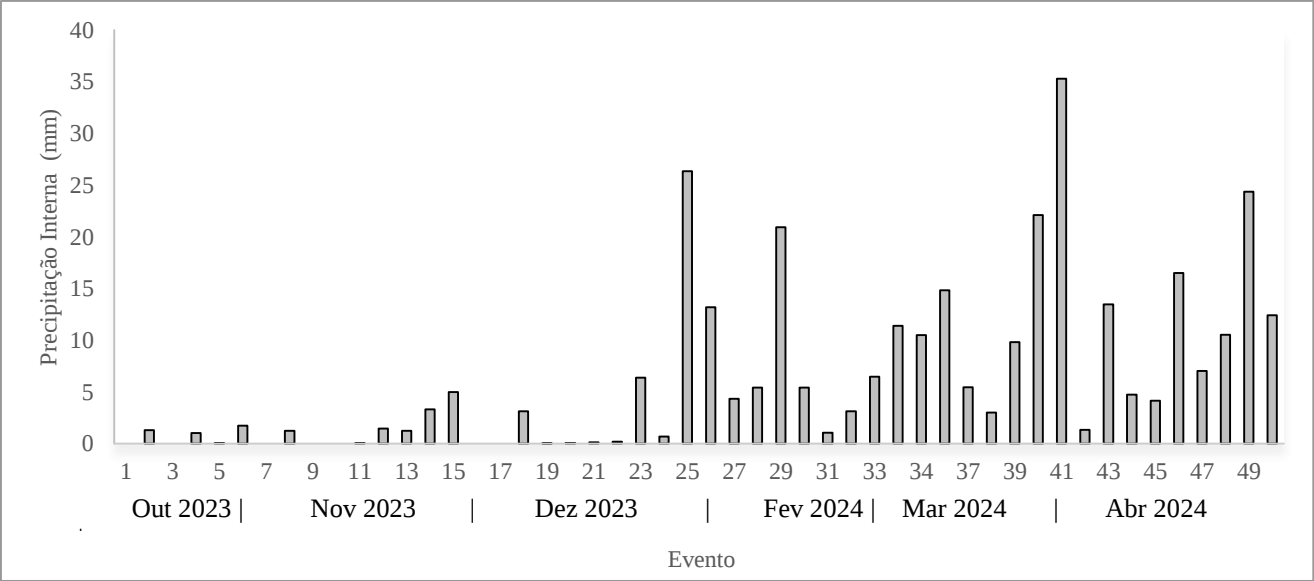


Fonte: A autora (2024).

Os maiores valores de Precipitação Interna ocorreram nos eventos 25, 41 e 49. O evento 25 apresentou o maior pico, com 35,95 mm de Precipitação Interna, seguido pelo evento 49, com 23,45 mm, e o evento 41, que registrou 22,95 mm. Esses eventos, que se enquadram na categoria "Chuva Muito Forte", por apresentarem Precipitação Bruta superiores a 50 mm, podem refletir as condições intensas de chuva, as quais favorecem uma maior interceptação pluvial pela copa das árvores.

Para *Senna siamea*, a Precipitação Interna apresentou média de 6,4 mm, com variações entre 0 e 35,31 mm, com taxa de interceptação de 45%. Conforme observado na Figura 8, os maiores valores de Precipitação Interna ocorreram nos eventos chuvosos 41 (35,31 mm), 25 (26,36 mm) e 49 (24,33 mm). Esses picos de precipitação destacam-se pela significativa quantidade de água que passou pela copa, sendo os momentos de maior Precipitação Interna ao longo do período analisado.

Figura 8: Precipitação Interna de indivíduos *Senna siamea*, presente na arborização do *campus* sede da UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

Analisando 25 eventos chuvosos Silva; Santos, (2018), observaram as seguintes taxas de Precipitação Interna para três espécies: *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (32,17%), *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (34,48%) e *Alchornea triplinervea* (Spreng.) Müll. Arg. (49,13%). A média de precipitação interna entre as espécies foi de 5,72 mm.

Foram encontrados valores de Precipitação Interna abaixo de 1 mm para as duas espécies, sendo que, em algumas ocasiões, esses valores chegaram a 0. Isso é explicado pelo fato de a Precipitação Bruta também ter apresentado valores inferiores a 1 mm em alguns dias analisados. Quando a precipitação é baixa, é comum que a quantidade de água que atinge o solo seja insignificante ou até nula, principalmente devido à perda de umidade por evaporação antes que a água possa ser registrada pelos equipamentos de medição.

Um estudo relevante que aborda essas questões é o de Johnson e Sharma (2007), que relata a influência da evaporação na medição de precipitação, particularmente em eventos de chuva, onde pequenas precipitações podem não ser registradas com precisão devido à rápida evaporação.

Durante o evento chuvoso com a maior Precipitação Bruta (PB) registrada, de 71,88 mm, a Precipitação Interna (PI) para *Paubrasilia echinata* foi de 23,5 mm, enquanto para *Senna siamea* foi de 24,4 mm, revelando semelhança nos valores de precipitação interna entre as duas espécies. Já no evento 25, com uma PB de 60 mm, a PI para *Paubrasilia echinata* foi de 36 mm e para *Senna siamea* foi de 36,5 mm, indicando uma semelhança ainda maior entre os valores.

A explicação para as pequenas diferenças observadas entre os valores de interceptação pluvial pode estar não apenas nas características dendrométricas e morfométricas das espécies, mas também nos métodos de medição utilizados a medição da PI foi realizada com equipamento a 1,5 m do solo.

O estudo Fathizadeh *et al.* (2021) destacou que a heterogeneidade da copa e o posicionamento dos equipamentos influenciam diretamente nos resultados obtidos. A instalação do equipamento pode contribuir para a variação dos dados, o que ressalta a importância de se ter cautela ao comparar os resultados de interceptação provenientes de diferentes pesquisas (Smets, 2019).

O teste ANOVA realizado para *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea* (Tabela 2) indicou que o valor-p foi inferior ao nível de significância de 0,05*. Desta forma, rejeita-se a hipótese nula de igualdade das médias, evidenciando uma diferença estatisticamente significativa entre os valores de Precipitação Bruta (PB) e Precipitação Interna (PI), para ambas as espécies, indicando que o volume de precipitação influencia diretamente a quantidade de água interceptada pelas copas das árvores.

Tabela 2: Análise de Variância (ANOVA) entre Precipitação Bruta e Precipitação Interna para Indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na Arborização do campus sede da UFRPE.

Espécies	F	Valor- p
<i>Paubrasilia echinata</i>	7,84	0,006
<i>Senna siamea</i>	6,06	0,0155

Fonte: A autora (2024).

Na correlação de *Spearman* (Tabela 3) observou-se que *Paubrasilia echinata* apresentou uma correlação negativa de moderada a forte entre a precipitação total e a interceptação de copa. Esse resultado indica que, embora a espécie seja eficiente na interceptação de água, sua capacidade diminui significativamente com o aumento da precipitação. Para *Senna siamea*, aponta para uma relação negativa, ($p < 0,01$). Isso significa que, assim como em *Paubrasilia echinata*, a interceptação de copa diminui com o aumento da precipitação. No entanto, essa redução é menos acentuada. Esse comportamento pode estar ligado às características da copa, como a densidade das folhas e o formato da copa, que parecem permitir que a espécie suporte volumes maiores de chuva antes de atingir sua capacidade máxima de retenção.

Tabela 3: Correlação de Spearman para a Precipitação Bruta e a Interceptação de Copa entre indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na arborização do *campus* sede da UFRPE.

Espécie	Coefficiente de Correlação	Valor-p
<i>Paubrasilia echinata</i>	-0.699072	1.159069e-08
<i>Senna siamea</i>	-0.445846	1.042188e-03

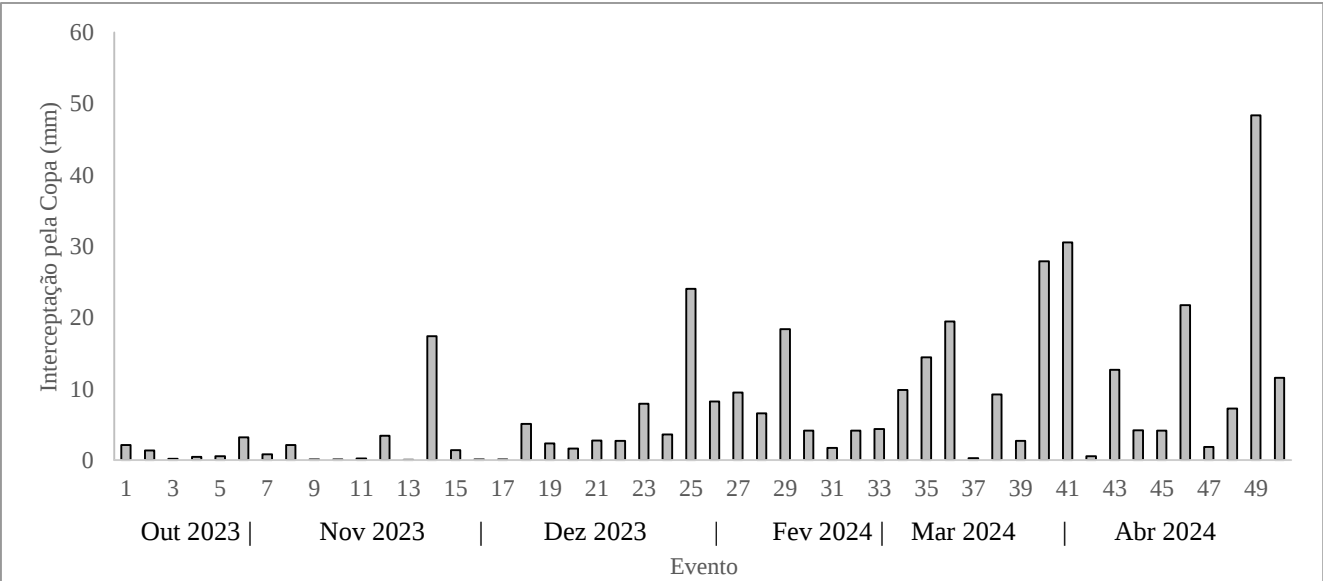
Fonte: A autora (2024).

A interceptação da precipitação pelas copas das árvores é um processo fundamental no ciclo hidrológico, especialmente em áreas urbanas e florestais, onde as árvores desempenham um papel crucial na regulação do fluxo de água. Isso pode ser atribuído à estrutura mais densa e fechada da copa, que, conforme a saturação, permite menor escoamento da água, destacando que a interceptação da precipitação por copas arbóreas depende de vários fatores, incluindo a densidade da copa e as características morfológicas das árvores, como o tipo de casca e o ângulo dos ramos (Livesley *et al.*, 2014).

3.2.3 Interceptação pela Copa das espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna Siamea*

A interceptação pela copa para *Paubrasilia echinata* apresentou uma média de 7,33 mm (Figura 9), com valores variando de 0,16 a 48,35 mm. Os eventos que registraram as maiores taxas de interceptação foram os eventos 40, 41 e 49, com valores de 27,87 mm, 30,55 mm e 48,35 mm, respectivamente.

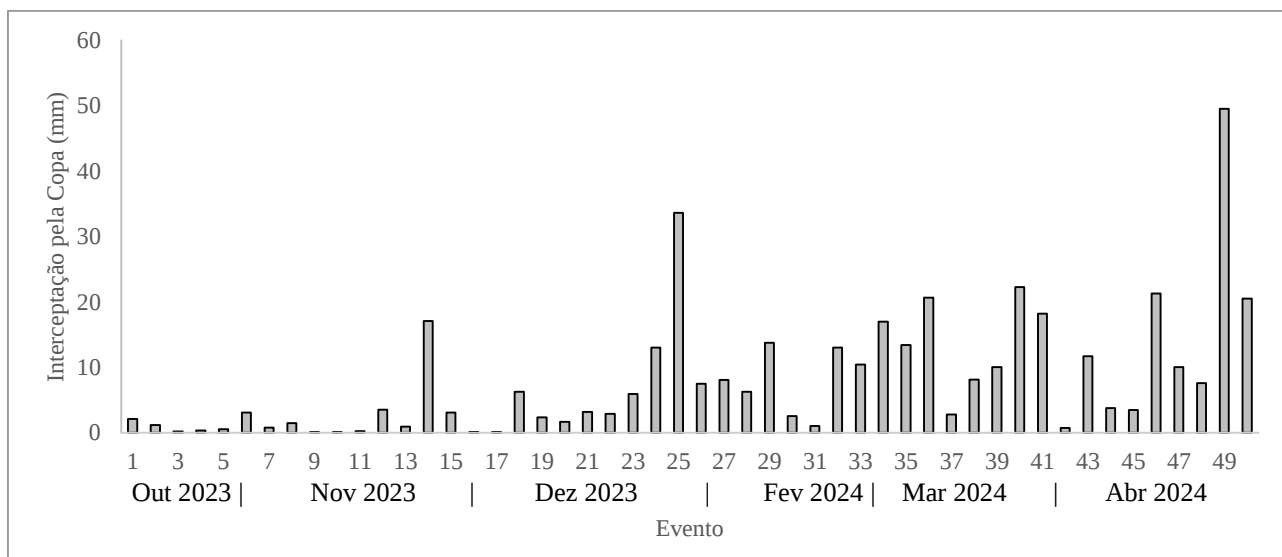
Figura 9: Interceptação pela Copa de indivíduos de *Paubrasilia echinata*, presentes na arborização do *campus* sede da UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

Para *Senna siamea* (Figura 10), a média de interceptação pela copa foi de 8,15 mm, com variação de 0,1 a 49,5 mm. Os maiores valores de interceptação foram registrados nos eventos 25 e 49, sendo 33,63 mm no evento 25 e 49,50 mm no evento 49. A proximidade nos valores médios entre as duas espécies sugere que ambas possuem características de copa que as tornam eficazes na interceptação de precipitação.

Figura 10: Interceptação pela Copa de indivíduos de *Senna siamea*, presentes na arborização do campus sede da UFRPE.



Fonte: A autora (2024).

Os valores médios de interceptação registrados para *Paubrasilia echinata* (7,33 mm) e *Senna siamea* (8,15 mm) indicam que ambas as espécies possuem copas com capacidade significativa de retenção de precipitação. A proximidade entre esses valores sugere que suas estruturas de copa favorecem a interceptação pluvial, contribuindo para a regulação hídrica em ambientes urbanos.

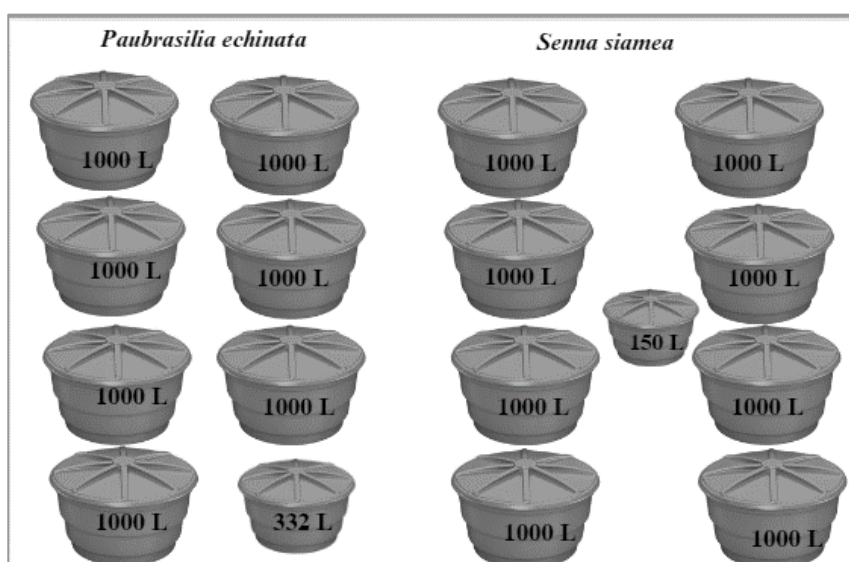
Comparando esses resultados com estudos anteriores, observa-se que os valores médios encontrados são próximos aos relatados por Alves (2015), ao quantificar a capacidade de interceptação das copas de quatro espécies predominantes na arborização urbana de Uruaçu, Goiás. Os valores médios de interceptação obtidos foram: 8,0 mm para *Mangifera indica*; 7,4 mm para *Pachira aquática*; 7,2 mm para *Licania tomentosa*; e 4,8 mm para *Caesalpinia peltophoroides*. A pesquisa confirma a interferência das características individuais das espécies na capacidade de interceptação de chuva por suas copas.

Na pesquisa desenvolvida por Alves e Formiga (2019), analisou as espécies *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. *Mangifera indica* L. e *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch.

Emeventos com precipitação média de 17,1 mm, a interceptação média registrada foi de 4,7 mm para as três espécies.

Ao relacionar a quantidade de água interceptada por ambas as espécies com a capacidade de armazenamento de caixas d'água de 1000 L (Figura 11), os resultados indicam que a *Paubrasilia echinata* reteve um total de 7.332 litros o equivalente a aproximadamente 7,33 caixas d'água, enquanto a *Senna siamea* interceptou 8.150 litros, correspondendo a 8,15 caixas d'água.

Figura 11: Relação entre a quantidade de água interceptada nas espécies estudadas e a capacidade de armazenamento de caixas d'água.



Fonte: A autora (2024).

No estudo de Oliveira (2019), que teve como objetivo estimar o potencial de regulação hídrica das árvores urbanas no bairro das Graças, em Recife –PE, a plataforma i-Tree foi utilizada para quantificar o volume de água interceptado. De acordo com os resultados, 16 indivíduos de *Senna siamea* foram responsáveis por interceptar 15,31 m³/ano de água, contribuindo assim para a redução do escoamento superficial em uma área de 819,3 m.

3.2.4 Relação entre a Intensidade de chuva e a Interceptação pluvial na Copa

Observa-se (Tabela 4) que a intensidade média da precipitação aumenta conforme a categoria da chuva para as espécies *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, refletindo diretamente nos valores de interceptação pela copa (IC) em ambas as espécies. Evidenciando que em eventos com maior Precipitação Bruta, o valor de IC aumenta. Além disso, embora as chuvas mais fortes foram menos frequentes, seu impacto na interceptação pode ser

significativo, uma vez que a capacidade de retenção da copa variou conforme o volume e a intensidade da chuva.

Tabela 4: Relação da Categoria de chuva com Intensidade e Interceptação pela Copa e para Indivíduos de *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, presentes na Arborização do campus sede da UFRPE.

Categoria de Chuva	Nº de Eventos	PB (mm)	Intensidade (mm)	IC (Pb) (mm/m³)	IC (Ss) (mm/m³)
Fraca (< 2,5 mm)	16	0,98	1,6	0,77	0,90
Moderada (2,5–10 mm)	16	5,81	5,73	3,12	5,67
(10–50 mm)	15	23,34	10,22	13,10	13,38
Chuva Muito Forte (> 50 mm)	3	61,77	16,22	34,31	33,77

Fonte: A autora (2024).

À medida que a intensidade da chuva aumenta, a capacidade de retenção da copa atinge rapidamente um ponto de saturação. Uma vez saturada, a água excedente tende a escorrer diretamente, aumentando a precipitação interna.

A interceptação da chuva pelas copas das árvores pode está relacionada à intensidade dos eventos de ocorrência. Durante chuvas de baixa intensidade, uma parte significativa da água é retida pela copa, seja nas folhas, galhos ou tronco, antes de alcançar o solo. No entanto, à medida que a intensidade da chuva aumenta, a capacidade de retenção da copa é rapidamente saturada, resultando em uma maior ocorrência interna (Alivio *et al.*, 2023).

A intensidade e outras características da chuva influenciam diretamente a dinâmica do processo de interceptação, pois a capacidade de armazenamento da copa é parcialmente restaurada em múltiplos momentos ao longo de um mesmo evento. Essa reposição contínua ocorre à medida que a intensidade da chuva varia, afetando a quantidade de água retida e liberada pela copa (Sá, 2019).

3.3 ANÁLISE DENDOMÉTRICA E INDICES MORFOMÉTRICOS EM RELAÇÃO A INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL

Para os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (Tabalea 5), as análises dendrométricas apresentaram as seguintes médias: diâmetro à altura do peito (DAP) de 18,38 cm, Altura total (Ht) de 9,21 m, Altura de copa (Hc) de 5,95 m, Diâmetro de copa (Dc) de 10,49 m e Área de copa (Ac) de 36,85 m². Em relação aos índices morfométricos, as médias observadas foram:

Índice de Abrangência (IA) de 1,25, Índice de Saliência (IS) de 0,77, Formal de Copa (FC) de 1,98 e Proporção de Copa (PC) de 65,43%.

Para os indivíduos de *Senna siamea*, as análises dendrométricas apresentaram as seguintes médias: diâmetro à altura do peito (DAP) de 36,76 cm, Altura total (Ht) de 12,38 m, Altura de copa (Hc) de 7,34 m, Diâmetro de copa (Dc) de 11,31 m e Área de copa (Ac) de 52,41 m². Em relação aos índices morfométricos, as médias observadas foram: Índice de Abrangência (IA) de 0,89 Índice de Saliência (IS) de 0,41, Formal de Copa (FC) de 1,82 e Proporção de Copa (PC) de 58,70%.

Tabela 5: Média das Análises Dendométricas e Morfométricas, para os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (direita) e *Senna siamea* (esquerda), presentes na arborização urbana do *campus* sede da UFRPE.

Espécies	Parâmetro	Média
<i>Paubrasilia echinata</i>	Dap (cm)	18,38
	Ht (m)	9,21
	Hc (m)	5,95
	Dc (m)	10,49
	Ac (m ²)	36,85
	IA	1,25
	IS	0,77
	FC	1,98
	Pc (%)	65,43
<i>Senna siamea</i>	Dap (cm)	36,76
	Ht (m)	12,38
	Hc (m)	7,34
	Dc (m)	11,31
	Ac (m ²)	52,41
	IA	0,89
	IS	0,41
	FC	1,82
	Pc (%)	58,70

Os indivíduos de *Paubrasilia echinata* apresentam um crescimento mais equilibrado entre altura total e diâmetro da copa, com copas predominantemente achatadas, o que pode

favorecer uma retenção mais prolongada da água da chuva, reduzindo o impacto direto sobre o solo e contribuindo para a regulação do escoamento superficial. Por outro lado, *Senna siamea* se destaca pelo porte mais elevado e maior diâmetro, exibindo copas com variação no grau de achatamento, que pode ser do tipo esbelta ou achatada, enquanto alguns indivíduos apresentam copas mais abertas, que permitem maior interceptação, outros possuem copas mais esbeltas, facilitando a redistribuição da água para o solo. Dessa forma, ambas as espécies desempenham um papel importante na interceptação pluvial, mas de maneiras diferentes.

Estudando as quatro espécies de árvores representativas *Photinia davidsoniae* Rehd. et Wils, *Ligustrum lucidum* Ait, *Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl e *Cercis yunnanensis* Huet, identificou-se que suas características morfológicas apresentam diferenças significativas, resultado do longo processo evolutivo e da adaptação a diferentes ambientes. Essas variações morfométricas e dendrométricas, como diâmetro, altura total e estrutura da copa, são fundamentais para determinar como cada espécie interage com a precipitação e afeta os processos hidrológicos (Yan *et al.*, 2021).

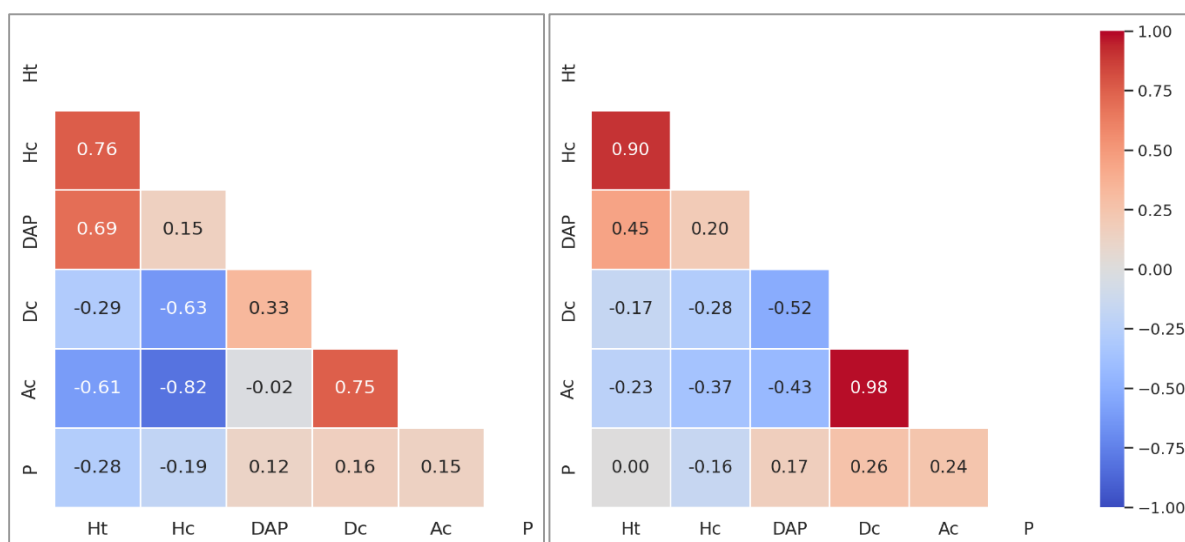
Espécies com maior densidade de folhas, como *Senna siamea*, têm uma capacidade aumentada de interceptar e armazenar a água da chuva em suas copas. Isso foi corroborado por estudos que indicam que a densidade da copa está diretamente relacionada à quantidade de água interceptada antes que ela atinja o solo (Yang *et al.*, 2019).

As diferenças estruturais entre as espécies demonstram como características morfométricas específicas influenciam a capacidade de interceptação pluvial. Enquanto *Senna siamea* se destaca por sua área de copa maior, *Paubrasilia echinata* apresenta características que podem favorecer a interceptação em eventos menos intensos. Ambas as espécies confirmam a importância da arquitetura de copa na regulação hídrica em ambientes urbanos, como apontado por Liu *et al.* (2018), a estrutura da copa, incluindo a largura e a altura, também afeta a interceptação pluvial. Espécies com copas mais amplas e densas, oferecem uma superfície maior para a captura de precipitação, resultando em maior interceptação. A forma da copa, o ângulo das folhas e a rugosidade da superfície das folhas influenciam como a água é retida e redistribuída, minimizando o escoamento superficial.

Foram correlacionadas as variáveis de Precipitação com as análises dendrométricas, incluindo a Altura total (Ht), a Altura da copa (Hc), o Diâmetro à altura do peito (Dap), o Diâmetro da copa (Dc), e a Área da copa (Ac). Os fatores estruturais da copa, como sua forma, área e densidade, influenciam diretamente a capacidade de interceptação pluvial.

No entanto, ao analisar a relação entre a Ht e a precipitação, a correlação foi nula (0,00) para *Paubrasilia echinata* (Figura 12), o que indica que a altura das árvores não tem uma relação significativa com a quantidade de precipitação registrada. Isso sugere que a altura das árvores, por si só, não é um fator determinante para a interceptação pluvial. Por outro lado, uma correlação moderada positiva entre Ac e a precipitação (0,24) sugere que, quanto maior a área da copa das árvores, maior será a quantidade de água interceptada. Para *Senna siamea* a variável Precipitação não apresenta correlações significativas com as variáveis analisadas, exibindo coeficientes baixos, como com Ht (-0,28), Hc (-0,19) e Ac (0,15).

Figura 12: Matriz de correlação de Spearman entre a Precipitação e a Análise Dendrométrica, para os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (direita) e *Senna siamea* (esquerda), presentes na arborização urbana do campus sede da UFRPE.



Legenda: Ht: Altura total; Hc: Altura da copa; DAP: Diâmetro Altura do Peito; Dc: Diâmetro da copa; Área da copa; P: Precipitação.

Fonte: A autora (2024).

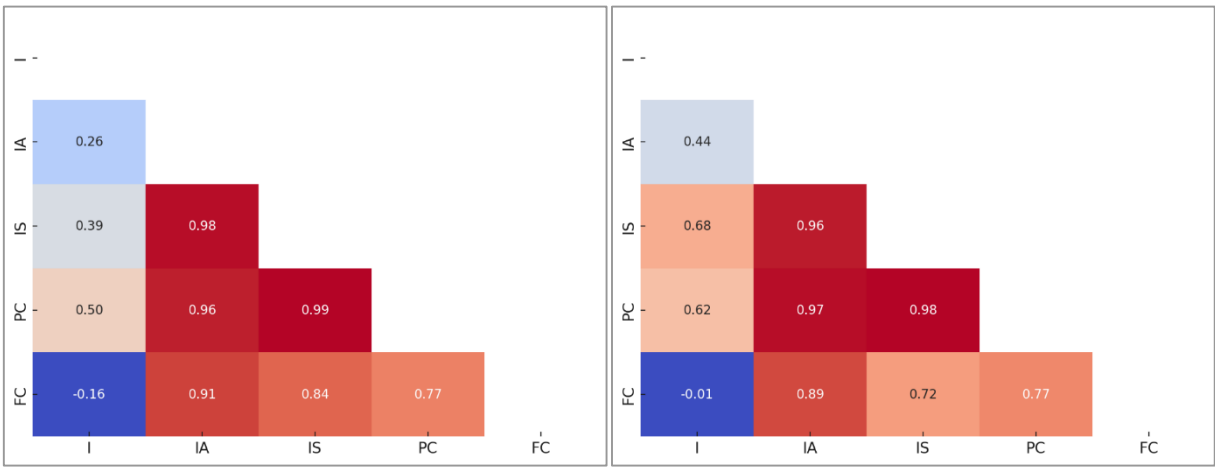
Em estudo realizado por Anys; Weiler (2024), sobre as relações entre as características da precipitação, as características morfológicas das árvores e o comportamento de interceptação, foram analisadas duas espécies, *Acer platanoides* L e *Tilia cordata* Mill, não obteve significativa entre precipitação e variáveis dendrométricas. No entanto, nenhuma das espécies apresentou correlações significativas em relação às quantidades absolutas de interceptação, sugere que outros fatores, como características específicas da copa ou propriedades foliares, podem ser mais importantes para a interceptação pluvial do que variáveis estruturais isoladas como altura ou diâmetro da copa.

Foi estabelecida uma relação entre a Interceptação e os índices morfométricos das árvores, incluindo Proporção de Copa, Índice de Saliência, Índice de Abrangência e Formal de

Copa. Essa análise buscou compreender como as características estruturais das copas arbóreas influenciam a capacidade de interceptação.

Para os indivíduos de *Paubrasilia echinata*, (Figura 13) as correlações entre a interceptação (I) e as variáveis morfométricas foram geralmente fracas, como observado com a Proporção de Copa (PC, 0,50) e o Formal de Copa (FC, -0,16). Isso sugere que a interceptação nesta espécie depende menos das variáveis analisadas e pode estar mais relacionada a fatores intrínsecos, como características específicas das folhas, densidade do dossel ou rugosidade das superfícies foliares. Por outro lado, em *Senna siamea*, as correlações entre a interceptação (I) e as variáveis morfométricas foram mais expressivas, como com o Índice de Abrangência (IA, 0,44) e a Proporção de Copa (PC, 0,62). Esses resultados indicam que a interceptação pluvial em *Senna siamea* está mais diretamente associada às características da copa, como proporção, diâmetro e densidade.

Figura 13: Matriz de correlação de Spearman entre a Interceptação e os Índices morfométricos para os indivíduos de *Paubrasilia echinata* (direita) e *Senna siamea* (esquerda), presentes na arborização urbana do campus sede da UFRPE.



Legenda :I :Interceptação ; IA: Índice de Abrangência; IS: Índice de Saliência; PC: Proporção de Copa; FC: Formal de Copa

Fonte: A autora (2024).

A correlação entre I e a PC, pode indicar que árvores com maior proporção de copa possuem maior capacidade de retenção de água da chuva, isso ressalta a importância da cobertura da copa na interceptação pluvial. Além disso, a correlação negativa entre a Formal de Copa e a interceptação indica que quanto mais arredondada for a copa dos indivíduos, maior será a interceptação média. Quando avalia duas árvores da mesma espécie apresentam o mesmo diâmetro de copa, a que tiver uma copa mais arredondada interceptará mais água por unidade de projeção de copa. Isso pode ser explicado pelo fato que a copa mais arredondada possui um

maior manto de copa para a mesma área de projeção, aumentando sua capacidade de interceptação (Moura, 2023).

No estudo de Pflug *et al.* (2021), com as taxas de interceptação (interceptação: precipitação bruta) e as capacidades de armazenamento do dossel em 10 espécies, ficou evidenciado que a interceptação pluvial está diretamente relacionada à morfometria das árvores. As características estruturais da copa, como o diâmetro, a forma e a altura, influenciam a quantidade de água que é retida pelas árvores. Métricas como o comprimento da copa (CR) e a área da projeção da copa (CPA) apresentam correlações significativas com a interceptação relativa da água pelas folhas, destacando o papel crucial da morfometria na capacidade de interceptação pluvial.

4 CONCLUSÃO

As árvores conseguem interceptar a água da chuva em eventos de baixa a intensidade moderada. No entanto, em chuvas de alta intensidade, a capacidade de interceptação é superada, resultando em maior escoamento superficial. Isso confirma que a eficácia das árvores na interceptação da chuva depende diretamente da intensidade do evento chuvoso.

Ambas as espécies estudadas, *Paubrasilia echinata* e *Senna siamea*, desempenham um papel significativo na interceptação da água da chuva. Em particular, a espécie *Senna siamea* apresenta uma capacidade superior de retenção de água, o que reduz consideravelmente o volume de escoamento superficial.

Os resultados mostram que a interceptação pluvial varia conforme a espécie e a estrutura da copa, influenciada pela densidade foliar e por características morfométricas. Dessa forma, o estudo contribui para o entendimento da eficiência de diferentes espécies na interceptação pluvial.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **HidroWeb**: sistemas de informações hidrológicas. [2022]. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb> Acesso em: 13 jun. 2024.

ALIVIO, M. B.; ŠRAJ, M.; BEZAK, N. Investigando a redução da intensidade da precipitação abaixo de uma copa de árvore decídua urbana. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 342, p. 109727. 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109727>.

ALVES, P. L. **Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano**. Tese (Doutorado) –Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. **Ciência Florestal**, v. 1, p. 193-207, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509825820>.

ANYIS, M.; WEILER, M. Rain interception by urban trees: Characteristics of the event and morphological traits of trees. **Hydrological Processes**, v. 38, n. 4, p.15146, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.15146>.

ASADIAN, Y.; WEILER, M. A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia. **Water Quality Research Journal**, v.44, n.1, p.16-25. 2009. Doi: <https://doi.org/10.2166/wqrj.2009.003>.

BERLAND, A.; SHIFLETT, S.A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S, GODDARD, H. C, HERRMANN, D. L.; HOPTON, ME. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and urban planning**, v.162, p.167-177. 2017.

CARLYLE-MOSES, D. E.; LIVESLEY, S.; BAPTISTA, M. D.; THOM, J.; SZOTA, C. Urban trees as green infrastructure for stormwater mitigation and use. **Forest-water interactions**, p. 397-432. 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/hydrology9060108>

FATHIZADEH, O. ; SADEGHI, S. M. M , PAZHOUHAN, I. ; GHANBARI, S. ; ATTAROD, P. ; SU, L. Variabilidade espacial e número ótimo de pluviômetros para amostragem de precipitação sob carvalhos isolados durante o período sem folhas. **Florestas**, v. 12, n. 5, p. 1 – 15, 2021.

HUANG, J. Y.; BLACK, T. A.; JASSAL, R. S.; LAVKULICH, L. L. Modelling rainfall interception by urban trees. **Canadian Water Resources Journal/Revue Canadienne des Ressources Hydriques**, v.42, n.4, p. 336-348, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1080/07011784.2017.1375865>.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Caracterização da População. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>: Acesso em 13 jun 2024.

JOHNSON, F.; SHARMA, A. Estimating evaporation—issues and challenges. **MODSIM07—Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability, Proceedings**, p. 589-595, 2007.

LIN, G.; WAN, L.; CUI, M.; WU, B.; ZHOU, J. Influence of canopy interception and rainfall kinetic energy on soil erosion under forests. **Forests**, v. 10, n. 6, p. 509, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/f10060509>.

LIU, XIAOWEN; CHANG, QING. The rainfall interception performance of urban tree canopy in Beijing, China. In: **New Trends in Urban Drainage Modelling: UDM 2018 11**. Springer International Publishing, p. 46-51.2019. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99867-1_8.

LIVESLEY, S. J.; BAUDINETTE, B.; GLOVER, D. Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees—The impacts of canopy density and bark type. **Urban forestry & urban greening**, v. 13, n. 1, p. 192-197, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.09.001>.

LIVESLEY, S. J.; MCPHERSON, E. Gregory.; CALFAPIETRA, C. The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 119-124, 2016. Doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>.

MORAES, C. R. L.; SHINOHARA, N. K. S. Diversidade frutífera no território da Universidade Federal Rural de Pernambuco—UFRPE Sede. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e240111032628-e240111032628, 2022.

MOURA, T. A. M. S. Influência de variáveis biométricas de espécies florestais na interceptação pluvial da floresta urbana tropical. 2023. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; DUBREUIL, V.t. VARIAÇÕES TEMPORAIS E ESPACIAIS DA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA NA CIDADE DO RECIFE—PE (BRASIL). **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 12, n. 2, p. 84-111, 2022. Doi: <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2022.v12.39114>.

OLIVEIRA, B. L. **Potencial das árvores urbanas na regulação hídrica em ruas da cidade do Recife—PE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciência Florestal. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.2019.

PFLUG, S.; VOORTMAN, B. R.; CORNELISSEN, J. H.; WITTE, J. P. M. The effect of plant size and branch traits on rainfall interception of 10 temperate tree species. **Ecohydrology**, v. 14, n. 8, p. 1–17, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1002/eco.2349><https://doi.org/10.1002/eco.2349>.

SÁ, J. H. M. **A influência da vegetação no processo de interceptação da chuva em floresta de Mata Atlântica**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2019.

SILVA, S. T.; SANTOS, R. F. M. A interceptação das águas pluviais através da arborização urbana. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**. v. 6, p.191-206, 2018.

SMETS, V.; WIRION, C.; BAUWENS, W.; HERMY, M.; SOMERS, B.; VERBEIREN, B. A importância das árvores urbanas para reduzir a precipitação líquida: Comparando medições e simulações. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 23, n.9 , p.3865 – 3884 .2019. Doi: <https://doi.org/10.5194/hess-23-3865-2019>.

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; DOS ANJOS, R. S.; DE ALMEIDA, C. A. P. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22 n, 14,2018.

XIAO, Q.; McPHERSON, E. G.; USTIN, S. L; GRISMER, M. E. Anew approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, v. 105, p. 29173-29188, 2000. DOI: 10.1029/2000JD900343.

XIAO, Q.; MCPHERSON, E. G. Surface Water Storage Capacity of Twenty Tree Species in Davis, California. **Journal Of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 188-198, jan. 2016. Wiley. Doi: <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2015.02.0092>.

YAN, T.; WANG, Z.; LIAO, C., XU, W.; WAN, L. Effects of plant morphological characteristics on rainfall interception and kinetic energy. **Journal of Hydrology**, v.592, p.125807, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125807>.

YANG, B.; LEE, D. K.; HEO, H. K.; BIGING, G.The effects of tree characteristics on rainfall interception in urban areas. **Landscape and Ecological Engineering**, v. 15, p. 289-296, 2019.

YUGUE, L. F.; VIANA, V. J. POTENCIAL DA ARBORIZAÇÃO URBANA PARA INFILTRAÇÃO E INTERCEPÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Revista Augustus**, v.58, n.31p. 95-119, 2022. Doi: <https://doi.org/10.15202/1981896.2022v31n58p95>.

ZABRET, K.; ŠRAJ, M. Rainfall interception by urban trees and their impact on potential surface runoff. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 47, n. 8, p. 1800327, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1002/clen.201800327>.

CONCLUSÕES GERAIS

A partir desta pesquisa, conclui-se que *Senna siamea* apresenta um crescimento mais avançado e uma estrutura mais adequada para interceptação pluvial, enquanto *Paubrasilia echinata* se mostra mais compacta, com menor permeabilidade de copa. Ambas as espécies demonstram capacidade significativa de interceptação pluvial, contribuindo para mitigar os impactos hidrológicos em ambientes urbanos.

A espécie *Senna siamea* mantém um comportamento mais estável em relação à interceptação pluvial, enquanto *Paubrasilia echinata* apresenta uma redução significativa na interceptação à medida que a intensidade da precipitação aumenta. Isso demonstra que a estrutura e a densidade das copas influenciam diretamente a capacidade de interceptação pluvial das espécies, destacando a importância de se considerar essas características ao planejar a arborização urbana.

Os resultados obtidos fornecem informações relevantes que podem ser aplicadas na formulação de políticas públicas voltadas para a gestão hídrica das cidades. A implementação dessas medidas, associada à seleção criteriosa de espécies arbóreas que promovam a interceptação pluvial, maximiza os benefícios dos serviços ecossistêmicos, como a regulação do ciclo hidrológico, a diminuição do escoamento superficial e a mitigação do risco de alagamentos.

A seleção criteriosa de espécies com maior capacidade eficiente de interceptação pluvial e estrutura de copa adequada é essencial para maximizar o processo, permitindo uma integração das árvores no ambiente urbano e promovendo maior sustentabilidade e resiliência das cidades. Assim, as espécies escolhidas para arborização urbana desempenham um papel fundamental no equilíbrio hidrológico, mitigando os impactos das chuvas intensas e auxiliando na prevenção de enchentes e na proteção dos recorrentes.

Portanto, este estudo reforça a importância da escolha adequada de espécies na arborização urbana para otimizar a interceptação pluvial e minimizar os riscos hidrológicos, contribuindo para a sustentabilidade e resiliência das cidades.