Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Crescimento de brotações de sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P. Lewis) após poda

Rafaela Novaes de Abreu

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2023

Rafaela Novaes de Abreu
Engenheira Florestal e Licenciada em Ciências Agrárias

Crescimento de brotações de sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P. Lewis) após poda

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Abreu, Rafaela Novaes de

Crescimento de brotações de sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P. Lewis) após poda / Rafaela Novaes de Abreu. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

57 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Arborização viária 2. Rede de energia elétrica 3. Brotação epicórmica 4. Microclima I. Título

Aos meus pais,
Com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos durante o curso de doutorado. À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP que me acolheu e me proporcionou ótimas experiências durante treze anos. Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, em especial à Giovana Oliveira por toda assistência. Ao laboratório de Silvicultura Urbana e ao Centro de Métodos Quantitativos pelo espaço para trabalho.

Ao querido Jefferson Lordello Polizel pela prontidão, parceria e impecável auxílio nas mais diversas atividades. Ao querido professor Demóstenes Ferreira da Silva Filho pela confiança no meu trabalho e parceria em todos esses anos de muito aprendizado.

Ao Rodrigo Peixoto e à Rafaela Naves que foram primordiais na execução desse trabalho. Ao Rafael da LaserTech pela disposição e oportunidade de aprimoramento dessa pesquisa. Ao Osvaldo da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) que me surpreendeu pela prontidão, eficiência e grande auxílio em fornecer os dados que foram primordiais para a realização desse estudo.

Ao Flávio Henrique Mendes pelas dicas valiosas e pela amizade. À Bruna Lara de Arantes, Gustavo Torquatro Oliva, Ana Luisa Cristofolete e Laís Olbrick pelo grande companheirismo, apoio emocional e valiosa amizade.

Aos meus sogros, por me acolherem durante o trabalho de campo em Maringá, em especial à Eunice Francisco de Lima cuja ajuda foi essencial para que o estudo fosse realizado. Ao meu namorado Fábio Francisco de Lima, que além de me auxiliar na coleta de dados em campo, também me apoiou em todas as etapas do trabalho e da vida.

Aos meus pais, Sergio Schiavon de Abreu e Valquiria Novaes de Abreu, pela vida e pelo imenso esforço para que eu chegasse até aqui. Às minhas cachorras Biba e Bijou pelo amor e alegria que sempre me proporcionam.

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
1. INTRODUÇÃO 9
1.1 Objetivos 10
1.1.1 Objetivo geral 10
1.1.2 Objetivos específicos 10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 11
2.1. Condições das árvores de rua 11
2.2. Crescimento de árvores e brotações 11
2.2.1. Microclima 13
2.2.2. Canteiro 15
2.2.3. Poda 15
2.2.4. Índice de área foliar 17
2.2.5. Vigor 17
2.2.6. Espécie 18
3. MATERIAL E MÉTODOS 19
3.1. Área de estudo 19
3.2. Escolha de método para medição de brotações 20
3.3. Seleção de indivíduos arbóreos 22
3.4. Seleção das regiões para estudo 23
3.5. Coleta e processamento dos dados 23
3.6. Análise dos resultados 25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
4.1. Confiabilidade dos métodos para medição de brotações 27
4.1.1. Método a laser 27
4.1.2. Método digital 29
4.1.3. Escolha do método de medição 32
4.2. Seleção da amostra 32
4.2.1. Regiões 332
4.2.2. Espécie 33

4.3. Análise dos dados 35
4.3.1 Caracterização da amostra 35
5. CONCLUSÕES 45
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 47
REFERÊNCIAS 49

RESUMO

Crescimento de brotações de sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P. Lewis) após poda

O crescimento de árvores urbanas no Brasil é pouco estudado e os que já existem permitem apenas aplicações para algumas espécies em determinadas condições ambientais. Dessa maneira, há a necessidade de maior esclarecimento quanto à resposta de outras espécies em contextos regionais específicos. Por isso, este estudo teve como objetivo descobrir se determinados fatores podem influenciar na velocidade que as brotações epicórmicas crescem após a poda de sibipirunas em conflito com a rede elétrica na cidade de Maringá - PR, relacionando ao crescimento fatores como microclima, área de canteiro, índice de área foliar (IAF), época e intensidade da poda, vigor da árvore e diâmetro à altura do peito (DAP). Para medir as brotações foi realizado um teste prévio para descobrir o método mais adequado, comparando valores reais obtidos de trenas convencionais com valores gerados por medição com laser e por medição em fotografias através do *software* ImageJ. O método digital de medição através do ImageJ mostrou-se estatísticamente o mais significativo. Após a seleção do melhor método para medição, foi solicitado o registro de podas realizadas pela Copel, utilizando-o como base para o planejamento da amostragem em campo. Com o objetivo de gerar um modelo capaz de explicar o crescimento das brotações, os dados foram analisados a partir da abordagem de ajuste e seleção de modelos. Foi construído um modelo com todas as variáveis, e para selecionar o que cotinha as variávies que melhor explicavam a variação dos dados foi utilizado o critério de informação de Akaike (AIC), que selecionou o modelo que indica a existência de uma relação positiva entre o crescimento e o IAF, e que o crescimento é maior nos canteiros do tipo descontínuo. Essas duas variáveis que demonstraram possuir relação com o crescimento, explicam 19% da variação do ritmo do mesmo. Isso significa que o tipo de canteiro e o IAF são variáveis que ajudam a prever a velocidade de crescimento de brotações epicórmicas de sibipirunas após poda em Maringá - PR. A razão pela qual o modelo explica pouco sobre a variação de crescimento das brotações, pode ser resultado da existência de outras variáveis que estão influenciando o crescimento, mas que não foram avaliadas nesse estudo.

Palavras-chave: Arborização viária, Rede de energia elétrica, Brotação epicórmica, Microclima

ABSTRACT

Growth of sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P. Lewis) shoots after pruning

The growth of urban trees in Brazil is still poorly studied and those that already exist allow applications only for some species under certain environmental conditions. Thus, there is a need for further clarification regarding the behavior of other species in specific regional contexts. Therefore, this study aims to find out if certain factors can influence the speed at which epicormic shoots grow after pruning of sibipirunas in conflict with the electrical wiring in the city of Maringá, state of Paraná, Brazil, relating to growth factors such as microclimate, bed area, leaf area index (LAI), pruning time and intensity, tree vigor and diameter at breast height (DBH). To measure the shoots, a previous test was carried out to discover the most suitable method, comparing real values obtained from conventional measuring tapes, with values generated by laser measurement and by measurement in photographs using the ImageJ software. The digital method of measurement through ImageJ proved to be statistically the strongest. After selecting the best measurement method, a record of pruning performed by Copel was requested, using it as a basis for planning field sampling. In order to generate a model capable of explaining the behavior of shoot growth, the data were analyzed using the model fit and selection approach. A model was built with all the variables, and to select the one that contained the variables that best explained the variation in the data, the Akaike information criterion (AIC) was used, which selected the model that indicates the existence of a positive relationship between the growth and LAI, and that growth is greater in discontinuous-type beds. These two variables, which have been shown to be related to growth, explain 19% of the variation in its pace. This means that the type of bed and LAI are variables that help to predict the growth velocity of epicormic shoots of sibipirunas after pruning in Maringá - PR. The reason why the model explains little about the variation in shoot growth may be the result of the existence of other variables that are influencing growth, but which were not evaluated in this study.

Keywords: Street tree, Electrical wiring, Epicormic shoots, Microclimate

1. INTRODUÇÃO

A arborização urbana abrange toda a cobertura vegetal que uma cidade possui, desde as árvores localizadas em áreas públicas até as situadas em áreas privadas, ou seja, árvores que estão presentes em jardins, praças, quintais, clubes, calçadas, alamedas e canteiros centrais de avenidas (KIRCHNER; DETZEL; MITISHITA, 1990; LORUSSO, 1992; BÁEZ CASCO; SANTIAGO, 2006).

As árvores de rua são expostas a diversos fatores estressantes como: solo compactado e com reduzida disponibilidade de água; ar poluído; podas severas e limitada área para crescimento (SÆBØ; BENEDIKZ; RANDRUP, 2003). Além disso, com a ampliação de ruas e avenidas, construção de mobiliário e manutenção de infraestrutura urbana, as árvores podem sofrer injúrias, mutilações e até remoção (LIMA, 1993).

Este estudo analisou a resposta da árvore à poda em relação a velocidade de crescimento de suas brotações, sabendo que diversos fatores podem influenciar a velocidade de crescimento das árvores, entre eles: ações antrópicas como podas, manejo do solo, irrigação; pragas e doenças; exposição solar; características do solo; altitude e inclinação topográfica; competição com outros indivíduos arbóreos ou vegetais; temperatura do ar; precipitação; vento; disponibilidade de água e nutrientes no solo; espaço físico para crescimento; taxa de fotossíntese; produção de biomassa e características particulares da espécie (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005; SEMENZATO; CATTANEO; DAINESE, 2011; POORTER; BONGERS, 1993).

Existem poucos estudos sobre o crescimento de árvores no meio urbano no Brasil, e os que foram realizados só se aplicam a determinadas espécies para regiões específicas, havendo a necessidade de pesquisas que explorem a resposta de mais espécies em diferentes condições ambientais, como em áreas tropicais (SEMENZATO; CATTANEO; DAINESE, 2011). Segundo Reineking, Huth e Wissel (2004), a dificuldade em prever o crescimento de árvores urbanas se deve a grande dinâmica desse ambiente; aos diversos manejos já sofridos pelas árvores; ao longo tempo de estudo necessário; e a grande diversidade de espécies encontradas.

Portanto, este estudo veio para contribuir com mais conhecimento sobre o crescimento de árvores urbanas em áreas tropicais após a poda, levando em consideração os aspectos do ambiente onde a árvore está situada e da condição da própria árvore. As descobertas podem auxiliar o manejo realizado pelas concessionárias de energia reduzindo os custos com poda, cuja economia pode ser investida na troca do tipo de rede de energia elétrica. Além disso, estas informações podem contribuir com estudos sobre sequestro de carbono na produção de biomassa de brotações.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo foi investigar se fatores do ambiente e da própria árvore podem influenciar na velocidade de crescimento das brotações epicórmicas das árvores de rua após serem podadas.

1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

1) Comparar a confiabilidade dos métodos de medição de brotações a laser e o digital;

2) Relacionar fatores como microclima, área de canteiro, índice de área foliar (IAF), vigor da árvore, intensidade e época da poda, e diâmetro à altura do peito (DAP), com a taxa de crescimento de brotações epicórmicas; e,

3) Selecionar o modelo estatístico mais adequado para prever o crescimento de brotações após poda.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Condições das árvores de rua

O crescimento natural das árvores de rua sofre interferência de diversos equipamentos urbanos, das calçadas, das edificações e da pavimentação viária (MILANO; DALCIN, 2000). A longevidade dessas árvores costuma ser menor do que a de árvores situados em meio rural, pois são submetidas a um nível de estresse mais elevado (NILSSON; RANDRUP; WANDALL, 2000).

Elas também sofrem influência da poluição do ar das cidades, sendo que os fatores que contribuem para a redução da poluição da atmosfera por elas são os mesmos que a prejudicam, uma vez que os poluentes são depositados na superfície das folhas e seus estômatos os absorvem, alterando os processos fisiológicos, reduzindo as trocas gasosas, degradando as folhas e o funcionamento dos estômatos, o que acaba por prejudicar a sanidade da árvore, que fica mais susceptível a doenças (SANTOS; TEIXEIRA, 2001).

A iluminação noturna presente nas ruas das cidades é outro fator estressante para a árvore, pois o período natural de luz é alterado, podendo modificar seu metabolismo natural e sua fenologia (SÆBØ; BENEDIKZ; RANDRUP, 2003).

Além disso, a baixa porosidade e quantidade de nutrientes do solo urbano são importantes fatores que reduzem o ritmo de crescimento das árvores (SANTAMOUR JUNIOR, 1969). Segundo Bengough et al. (2011), os solos urbanos são, na maior parte, compactados e possuem altas quantidades de metais pesados e salinidade. Por isso, as raízes procuram por condições melhores onde existem mais nutrientes e oxigênio, propriedades que o solo da superfície contém (JOBBÁGY; JACKSON, 2001).

2.2. Crescimento de árvores e brotações

Para estudar o crescimento de uma árvore é necessário entender sua morfologia e fisiologia. O meristema primário (apical) e o secundário (lateral) são duas regiões responsáveis pelo seu crescimento, sendo o meristema apical o responsável pelo crescimento em altura através de divisões celulares, e o meristema secundário responsável pelo aumento em diâmetro da árvore, produzindo alburno e cerne e formando os anéis de crescimento (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005). Os ramos, parte da árvore que será analisada neste estudo, são produzidos pelo meristema apical (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960).

As árvores costumam crescer mais rápido quando jovens e com o passar do tempo crescem em ritmos mais lentos (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960), como é possível observar na Figura 1, onde é formada uma curva.

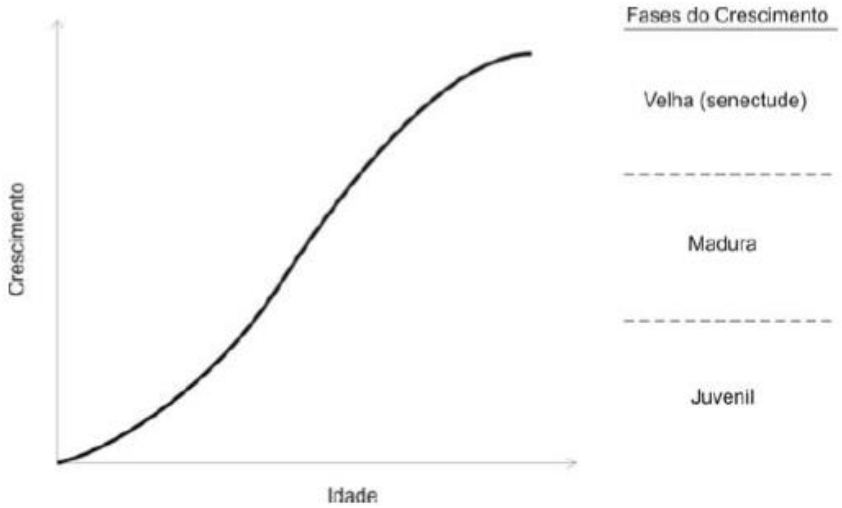

Figura 1 – Curva de crescimento ao longo da vida de uma árvore
Fonte: Encinas, Silva e Pinto (2005).

O crescimento da parte aérea das árvores é fortemente dependente de características específicas da espécie e do local (LIU et al., 2022). Segundo Kramer e Kozlowski (1960), fatores como a espécie, idade e o local podem influenciar o ritmo de crescimento das brotações, sendo que costumam crescer mais durante a noite do que durante o dia, mas se a temperatura estiver muito baixa a noite, elas irão crescer mais durante o dia. Outro fator que influencia o ritmo de crescimento dos brotos é a duração do dia: dias longos estimulam o crescimento em algumas espécies, enquanto dias curtos podem inibir o mesmo (ROMBERGER, 1963).

Segundo Thimann (1969), os hormônios vegetais possuem papel fundamental na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo que a auxina pode tanto inibir como estimular o crescimento de acordo com a sua concentração no local, como é visto na Figura 2.

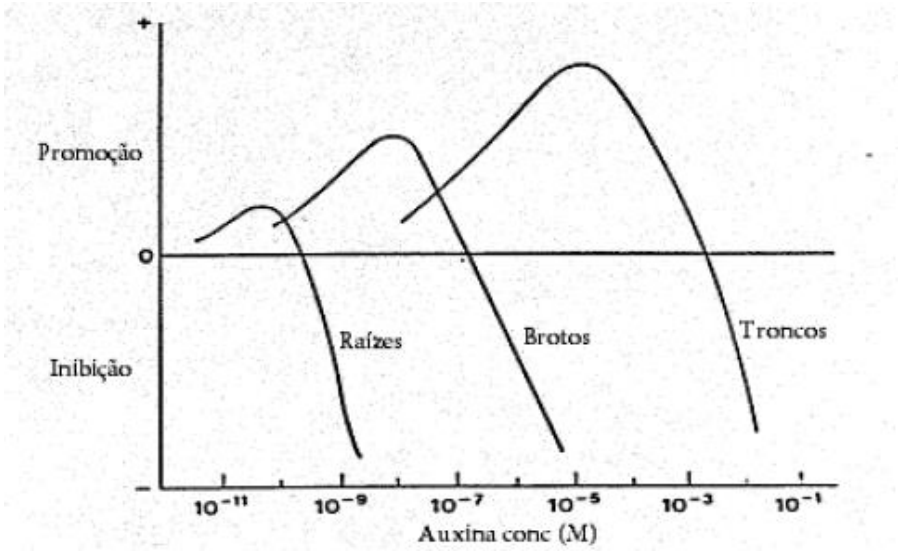

Figura 2 – Concentração de auxina que provoca promoção ou inibição de crescimento em diferentes partes da árvore
Fonte: Adaptado de Thimann (1969).

De acordo com McPherson (2001), conhecer o ritmo de crescimento da copa de uma árvore é importante para tomar decisões quanto a distância entre os plantios e as edificações, as estruturas aéreas, e para planejamento de sombras em estacionamentos e realização de podas.

2.2.1. Microclima

O efeito da temperatura varia com a espécie, estágio de crescimento, condição e com as diferentes partes e tecidos da planta (HARRIS; CLARK; MATHENY, 1999). As reações celulares dos vegetais sofrem influência da temperatura, por isso, o microclima pode afetar diretamente o metabolismo das plantas, que para sobreviverem necessitam de adaptação rápida às mudanças de temperatura do ar (BROWSE; XIN, 2001). O desenvolvimento da fenologia da árvore é influenciado fortemente pela temperatura, que determina a floração, a brotação e a queda das folhas (STANLEY; HELLETSGRUBER; HOF, 2019). Em um estudo realizado com mais de duzentas espécies de árvores na Inglaterra constatou que devido ao aumento de 1º Celsius na temperatura média anual, a floração começou quatro dias antes (FITTER et al., 1995).

O desenho das cidades, a geometria criada pelas construções, as características físicas dos materiais utilizados e o calor antropogênico causam alterações microclimáticas formando as “Ilhas de Calor” (DOUTOS; SANTAMOURIS; LIVADA, 2004). No estudo de Zipper et al. (2016), a fase de crescimento de plantas em áreas urbanas foi de 8 a 10,5 dias mais longa do que em áreas rurais, e em parques foi apenas 5 dias mais longa que em meio rural, já que os parques causam um resfriamento no microclima.

As árvores localizadas em áreas com menor intensidade do fenômeno “Ilhas de Calor” começam a desenvolver brotações mais tarde, a descoloração das folhas leva mais tempo e a fase de crescimento é mais curta do que em árvores localizadas em áreas com intensidade média a alta de “Ilhas de Calor” (STANLEY; HELLETSGRUBER; HOF, 2019). Portanto, o calor devido às mudanças climáticas e às altas temperaturas dentro das cidades causadas por esse fenômeno devem ter algum impacto no momento de início da brotação (STANLEY; HELLETSGRUBER; HOF, 2019).

O desempenho das árvores urbanas são regidos pelas características da espécie e pelas condições do meio (RAHMAN et al., 2017). A temperatura do ar e a demanda evaporativa da atmosfera, principais fatores abióticos que influenciam o crescimento e funcionamento da planta, são maiores em cânions urbanos - locais com adensamento de edifícios e outros elementos - do que em outros locais da cidade e em áreas rurais (GEBERT; COUTTS; TAPPER, 2019). Mudanças climáticas como redução da precipitação e temperaturas mais altas podem intensificar o estresse hídrico das árvores urbanas (GEBERT; COUTTS; TAPPER, 2019). No entanto, foi descoberto que mudanças climáticas proporcionaram elevação na taxa de crescimento de florestas ao longo do século passado em regiões da Europa, Finlândia e Japão (FANG et al., 2014; KAUPPI; POSH; PIRINEN, 2014; PRETZSCH et al., 2014). Segundo Pretzsch et al. (2017), o mesmo ocorreu com as árvores urbanas, que apresentaram valores mais altos de crescimento em áreas urbanas em comparação ao meio rural. A razão para isso ter ocorrido pode ser a sinergia entre temperaturas mais altas, períodos de crescimento mais demorados e maior insumo de nutrientes (CHMIELEWSKI; ROTZER, 2001; CHURKINA et al., 2010; IPCC, 2014).

Em um estudo de Locosselli et al. (2019), sobre a influência do clima e poluição da cidade de São Paulo no crescimento de árvores de rua da espécie *Tipuana tipu* foi constatado que, através da análise dos anéis de crescimento, a variabilidade espacial e temporal do clima urbano afetou o crescimento das árvores, apresentando maior velocidade quando as temperaturas estavam mais elevadas. A precipitação não afetou o crescimento, mas a poluição do ar, por sua vez, apresentou maior influência no crescimento do que o clima (LOCOSSELLI et al., 2019).

Existem poucas informações quantitativas sobre a sobrevivência e crescimento de espécies de árvores urbanas em diferentes climas (PATAKI et al., 2013; ROMAN, 2014). A maior parte das pesquisas sobre os impactos das árvores no clima das cidades não considera os efeitos das condições da área no crescimento e saúde das mesmas (MOSER-REISCHL et al., 2019). E as que consideram os efeitos do meio no crescimento, geralmente, analisam essa variável apenas por meio dos anéis de crescimento, DAP e altura total da árvore (SEMENZATO; CATTANEO; DAINESE, 2011; MARTIN; SIMMONS; ASHTON, 2016; MONTEIRO; LEVANIC; DOICK, 2017; NITSCHKE et al., 2017; LOCOSSELLI et al., 2019; MOSER-REISCHL et al., 2019). Por isso, é necessário um melhor entendimento das

respostas fisiológicas das árvores às condições microclimáticas urbanas para auxiliar o manejo florestal (GEBERT; COUTTS; TAPPER, 2019).

2.2.2. Canteiro

Segundo Neal e Whitlow (1997), a área de canteiro tem maior influência no crescimento de árvores maiores e mais velhas. Porém, quando canteiros não possuem um tamanho suficiente para suprir totalmente as necessidades da árvore e de seu crescimento radicular, elas ficam mais susceptíveis a sofrerem com doenças e ataques de pragas, aumentando a probabilidade de cair (BRAZOLIN, 2009). De acordo com o estudo de Dahlhausen et al. (2016), um canteiro com área pequena é um fator limitante para o crescimento de árvores urbanas.

Muitos estudos comprovam que áreas impermeáveis próximas dos troncos das árvores influenciam negativamente a disponibilidade de água e o crescimento e vitalidade das árvores de rua (ROBERTS, 1977; JIM, 1997; IAKOVOGLOU et al., 2001; QUIGLEY, 2004; SCHRÖDER, 2008; GILLNER et al., 2014; KONARSKA et al., 2015). O ar acima de pavimentos impermeáveis costuma ser mais quente e seco do que o usual, o que pode resultar na redução da condutância no estômato, da fotossíntese e do crescimento (MONTAGUE; KJELGREN, 2004; MUELLER; DAY, 2005). Em um estudo foi constatado que as árvores da espécie *Tilia europaea* situadas em locais com pouca área de canteiro, ou seja, pouca área permeável, apresentaram significativa supressão no crescimento das brotações, com redução de 39% a 55%, e redução de 10% no crescimento de caules, indicando que o uso de superfícies permeáveis é benéfico para as árvores (SAND et al., 2018).

2.2.3. Poda

O conflito entre arborização e a rede de energia elétrica é considerado a maior ameaça às árvores presentes em vias públicas, uma vez que são realizadas podas para evitar o contato entre elas (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006). Na maior parte dos casos, esse conflito já existe (LANGOWSKI; KLECHOWICZ, 2001), e realizando a poda, costumam surgir brotações que crescem rapidamente ao encontro dos condutores elétricos, necessitando de constante manutenção (BROWNING; WIANT, 1997).

A atividade considerada a mais dispendiosa e complexa do manejo de árvores da cidade é a poda, pois tendo como objetivo realizar as mínimas interferências e com menor custo possíveis, necessita de muito planejamento e conhecimento do assunto (SANTOS et al., 2015).

A poda pode alterar a reação fisiológica e morfológica da árvore, e uma maneira de conservar a firmeza de sua estrutura é não interferir na sua dominância e controle apical. Para

manter o padrão de ramificação normal, o eixo primário precisa ser reduzido para um ramo lateral grande o suficiente para se tornar o líder do ramo. Não substituir um líder no ramo pode desequilibrar a estrutura arbórea e elevar a competição entre as brotações pertencentes a este ramo, aumentando a velocidade de crescimento. Não só a intensidade, mas também o tipo da poda, são capazes de modular a resposta morfológica e fisiológica da árvore à poda, e manter o controle e dominância apical são fatores decisivos para preservar a estrutura da árvore e sua eficiência fotossintética a longo prazo (FINI et al., 2015).

Quando é realizada a poda, com o intuito de equilibrar a quantidade de copa e de raízes, o indivíduo arbóreo tenta recuperar sua folhagem original ativando as gemas epicórmicas e elevando a taxa de fotossíntese temporariamente (EHSEN, 1987; MEDHURST et al., 2006). As brotações epicórmicas originadas na tentativa de repor a folhagem possuem ligação frágil com a base, gerando riscos conforme crescem (SEITZ, 1996). Esse tipo de brotação costuma surgir após podas mais severas e necessita de poda constante, geralmente anuais (Figura 3).

Figura 3 – Brotações epicórmicas em diferentes espécies de árvores ao lado de baliza com cada cor representando 20 centímetros
Fonte: a autora.

Cada espécie possui um padrão de repouso que é utilizado como base para escolher a melhor época para poda. Como é visto na Figura 4, existem espécies com repouso real que após perderem as folhas entram em repouso, assim, a poda deve ser realizada entre a fase vegetativa e a de florescimento; as de repouso falso, caducifólias, não entram em repouso logo em seguida à queda das folhas, sendo realizada a poda entre o final do florescimento e começo da fase vegetativa; e,

existem as espécies perenifólias, que possuem repouso não aparente, nesse caso, a poda é indicada entre o final do florescimento e começo da frutificação (URTADO; BORGIANNI, 2005).

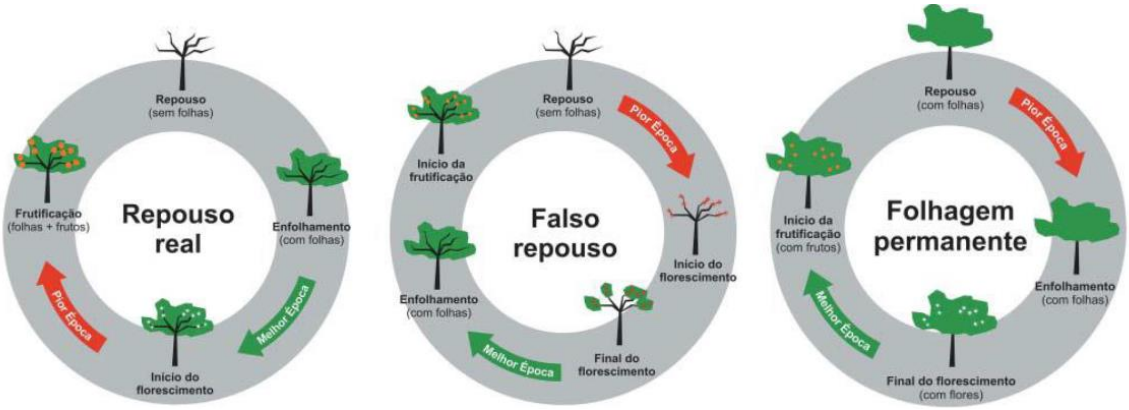

Figura 4 – Melhor e pior período para realizar a poda de árvores com diferentes padrões de repouso
Fonte: Urtado e Borgianni (2005).

A maior parte dos estudos sobre a resposta fisiológica da árvore à poda, em países de clima tropical, são realizados em árvores madeireiras ou frutíferas, portanto, não é aplicável para árvores urbanas, já que a poda possui objetivos diferentes (FINI et al., 2015). Além disso, a quantidade de pesquisas sobre o surgimento de brotações após poda de árvores urbanas em climas tropicais ainda é muito baixa.

2.2.4. Índice de área foliar

Pesquisas na área de crescimento de plantas devem considerar que a fotossíntese é responsável por, aproximadamente, 90% da produção de matéria seca das plantas, enquanto os nutrientes do solo são responsáveis por apenas 10% da produção. Porém, existe uma forte dependência entre a fotossíntese e os nutrientes no processo de crescimento (BENINCASA, 1988).

O índice de área foliar (IAF) e a taxa de fotossíntese estão intimamente relacionados, uma vez que a última é responsável pela produção de biomassa e, consequentemente, pelo crescimento da planta (MONTEIRO et al., 2005). Além disso, foi constatado que o IAF pode afetar o microclima ao redor da árvore. No estudo de Rahman et al. (2017), sobre resfriamento de superfícies, foi observada relação entre o crescimento do IAF e a redução da temperatura do asfalto, independente da espécie, auxiliando no resfriamento da temperatura do ar. Portanto, o IAF é um parâmetro importante para a análise do crescimento de árvores.

2.2.5. Vigor

Os autores Biondi e Reissmann (1997), realizando um estudo sobre avaliação do vigor de árvores urbanas utilizando parâmetros quantitativos, constataram a importância da coleta de dados tanto quantitativos, como diâmetro de copa e DAP da árvore, quanto de dados qualitativos, como coloração das folhas, forma e densidade da copa, danos físicos ao tronco e presença de doenças/pragas, para uma boa avaliação do vigor do indivíduo arbóreo. Já Harris, Clark e Matheny (1999), consideram o crescimento de brotações um bom indicador de vigor das árvores.

2.2.6. Espécie

A genética da espécie e o grupo sucessional ao qual pertence também são fatores que irão ditar o ritmo de crescimento do indivíduo arbóreo. As espécies do grupo de pioneiras vão apresentar um crescimento mais acelerado e um ciclo mais curto de vida (10 anos), necessitando de alta incidência de luz e temperaturas mais altas para se desenvolver; já o grupo de secundárias iniciais não possuem tolerância à sombra e também crescem rapidamente, com longevidade um pouco maior (10 a 25 anos); as secundárias tardias possuem taxa de crescimento média e vivem de 25 a 100 anos; e, por fim, as espécies climáxicas se desenvolvem lentamente e, em geral, na sombra, apresentando bastante longevidade, mais de 100 anos (FERRETTI et al., 1995). Na pesquisa de Abreu (2017), o grupo sucessional ao qual a espécie pertencia influenciou diretamente na velocidade de crescimento de brotações epicórmicas após poda.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Maringá – PR (Figura 5), onde é estimado que existam 436.472 habitantes, com 97,3% dos domicílios urbanos em vias públicas arborizados (IBGE, 2020). A cidade fica localizada no Norte do estado do Paraná e se encontra entre as coordenadas geográficas 23º25’0” S e 51º57’0” W, sendo cortada pela linha do Trópico de Capricórnio e possuindo uma extensão de 487.052 quilômetros quadrados de área e altitude média em torno de 554 metros (IBGE, 2020).

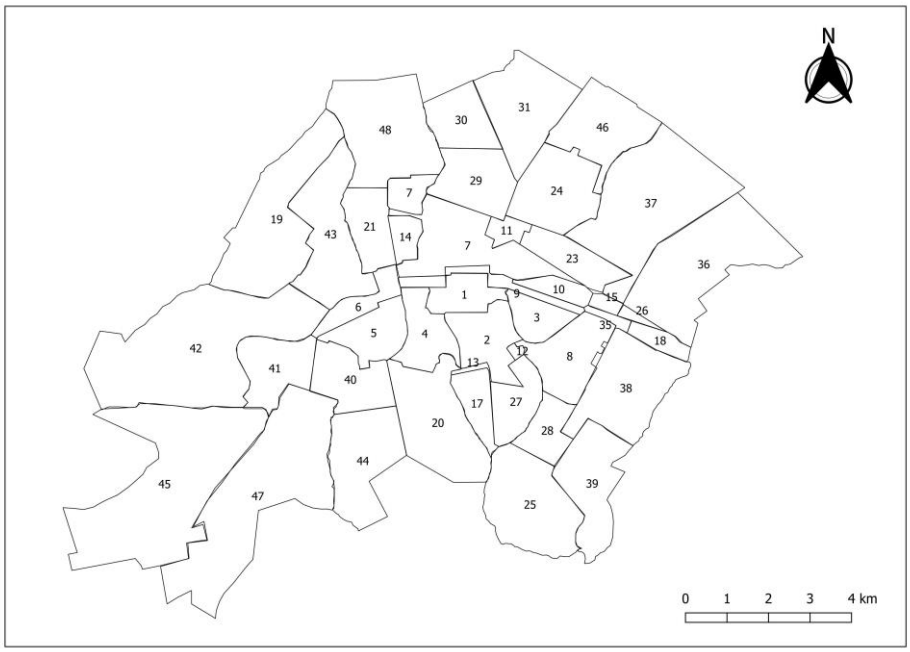

Figura 5 – Perímetro urbano da cidade de Maringá - PR dividido em zonas territoriais
Fonte: a autora.

Maringá, conhecida como Cidade Verde, foi fundada em 1947, mas se tornou um município em 1951 e se destaca pela sua abundante arborização urbana (CAMILO, 2019). O clima predominante da cidade é classificado como sub tropical, com inverno seco e verão chuvoso, temperatura média anual superior a 20ºC, com umidade relativa do ar variando de 18,8% no inverno e 24,3% no verão (CARFAN et al., 2005). Com base na média histórica, a precipitação anual é de 1.500 mm, a temperatura máxima média anual é de 32,7ºC e a temperatura mínima média anual é de 11,2ºC, sendo os meses de abril a setembro os mais frios e secos, como é indicado na Figura 6 (INMET, 2021).

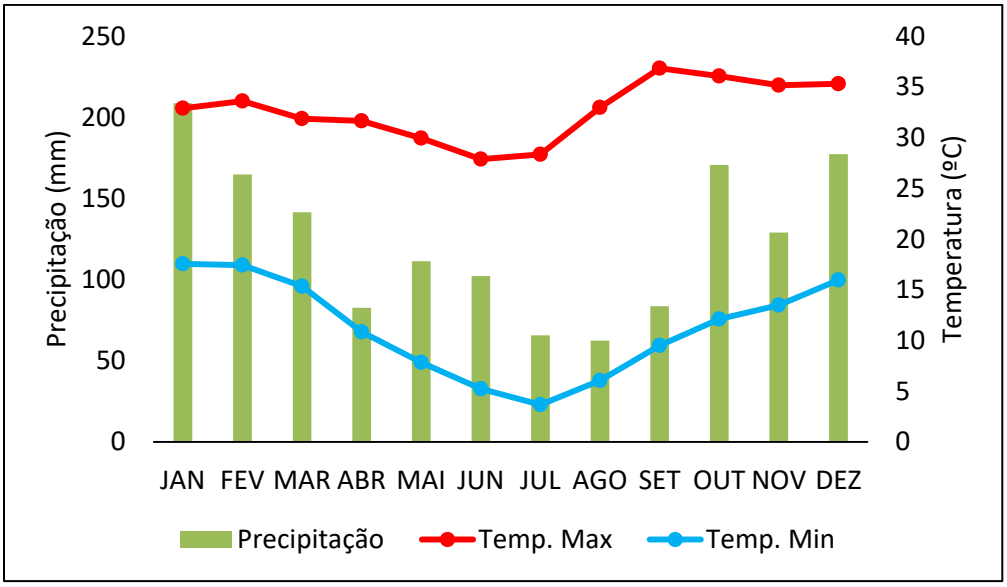

Figura 6 – Média histórica da precipitação e das temperaturas máximas e mínimas do ar ao decorrer do ano em Maringá – PR a partir do INMET
Fonte: a autora.

A maior parte do município é ocupada por solos argilosos classificados como latossolo vermelho e nitossolo vermelho, ambos bem drenados, profundos, vermelho-arroxeados e muito utilizados para produção agrícola devido as suas excelentes propriedades (SALA, 2005).

3.2. Escolha de método para medição de brotações

Como as brotações epicórmicas a serem estudadas estão situadas próximas às redes de energia elétrica, impossibilitando a medição com trena, é importante selecionar um método de obtenção de seu comprimento que seja seguro de obter e que resulte em medidas confiáveis.

Sendo assim, foi testada a confiabilidade de dois métodos para medição de ramos: através de um aparelho a laser; e através de um *software* chamado ImageJ (Image Processing and Analysis in Java). O aparelho de medição a laser mede com precisão (+/- 1 mm) a distância, inclinação e ângulos horizontais de objetos localizados em um raio de até 300 metros e armazena dados e cálculos em formatos jpg e dxf (LASERTECH, 2020). O ImageJ é um *software* livre utilizado para medir comprimentos, áreas e ângulos através de calibração da imagem, resultando em unidades reais de medida (IMAGEJ, 2020).

O teste foi realizado no parque da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em Piracicaba/SP, selecionando brotações de árvores de diversas espécies que se encontravam alcançáveis possibilitando a obtenção da medida real dos brotos por trena.

Em campo foi realizada a medição, primeiramente, por trena, e depois por laser, montando um tripé onde logo acima foi colocado um suporte contendo bolha de nível em que o aparelho de medição a laser é encaixado (Figura 7). Para essa medição foi selecionada a função "*missing line"* que oferece a distância em linha reta entre dois pontos alcançados pelo laser e se mostrou a mais adequada à situação, já que é possível obter a medida entre pontos diversas vezes acompanhando o comprimento da brotação. Após obter as medidas com o laser, foi colocada uma baliza de 2 metros de altura ao lado das brotações, que foi utilizada como objeto de referência já que sua medida é conhecida, para fotografá-las o mais paralelamente possível.

Figura 7 – Equipamento montado e posicionado para medição em campo (a); aparelho TruPoint 300™ (b)
Fonte: a autora.

As fotografias obtidas em campo foram abertas no *software* ImageJ para realização de medição digital das brotações (Figura 8). Assim, foi criada uma tabela no Microsoft Excel com as medidas obtidas pelos três métodos e realizada a correlação e regressão entre os dados da trena e do laser e entre os da trena e do ImageJ a fim de selecionar o melhor método de medição e determinar a equação de ajuste para futuras medições.

Figura 8 – Fotografia aberta no ImageJ com comprimento da brotação de um jacarandá-mimoso selecionado para medição com base na calibração da imagem pela baliza
Fonte: a autora.

3.3. Seleção de indivíduos arbóreos

Com a documentação enviada pela Copel, concessionária de distribuição de energia elétrica atuante na cidade de Maringá, contendo o mapa da cidade com as árvores podadas e a data de execução da poda, foi possível ir para campo e contabilizar a espécie podada mais abundante pertencente à região mais fria e à mais quente da cidade, para que fosse possível coletar dados de ao menos 4 indivíduos, totalizando ao menos 10 brotações por classe de diâmetro à altura do peito (DAP) em cada região (quente e fria). Para que a amostragem abrangesse a maior diversidade de árvores de idades diferentes possível, a coleta de dados foi realizada de acordo com a metodologia de Abreu (2017), em que os indivíduos foram separados em classes de DAP: até 30 cm (Classe A); 30-40 cm (Classe B); 40-50 cm (Classe C); 50-60 cm (Classe D); 60-70 cm (Classe E) e acima de 70 cm (Classe F).

3.4. Seleção das regiões para estudo

O microclima das regiões onde as árvores podadas estavam localizadas foi determinado com a análise da temperatura de superfície (TS) através de imagens termais, seguindo a metodologia de Mendes (2021), para que fosse determinada a região mais fria e a mais quente da cidade. Para isso, foram obtidas imagens termais do satélite Landsat-8, o qual possui tamanho de pixel de 100 m para a banda termal, entre os meses de Janeiro de 2020 e Junho de 2021. Posteriormente, as imagens foram geoprocessadas no QGIS 3.16 para realização da conversão de pixels "valores de cinza" das imagens em temperaturas de superfície. A análise foi realizada para cada mês até obter a temperatura de superfície média de cada região (zona) durante o período entre a execução da poda e da medição das brotações epicórmicas.

3.5. Coleta e processamento dos dados

Em campo, foram coletadas as seguintes informações por indivíduo arbóreo: DAP; vigor; fotografia das brotações e dos canteiros ao lado de uma vara telescópica, da marca Tel-o-Pole, para posterior determinação do comprimento das brotações epicórmicas e da área do canteiro através do ImageJ; fotografias da copa para classificação da intensidade de poda; e, fotografias especiais para medição do índice de área foliar. Seguindo as recomendações de Biondi e Reissmann (1997) e realizando algumas adaptações, os parâmetros coletados para classificação do vigor foram: IAF (densidade da copa); coloração das folhas; danos físicos ao tronco; e, presença de pragas e doenças.

No processamento de dados em escritório, a época da poda foi separada em duas estações: a estação fria e seca (outono/inverno) e a estação quente e chuvosa (primavera/verão).

Apesar de realizar as fotos dos canteiros em campo ao lado de uma vara telescópica para futura medição, acabou sendo mais adequado classificá-los como contínuos ou descontínuos, devido à grande quantidade de canteiros contínuos encontrados, cuja área não podia ser delimitada para medição e posterior comparação. Para exemplificar, a Figura 9 contém um canteiro classificado como descontínuo e a Figura 10 contém um canteiro classificado como contínuo.

Figura 9 – Exemplo de canteiro descontínuo, com área delimitada
Fonte: a autora.

Figura 10 – Exemplo de canteiro contínuo, sem área delimitada
Fonte: a autora.

Com base nos autores Alvarez et al. (2013) e Hevia; Álvarez-González; Majada (2016), a classificação da intensidade da poda foi realizada através de uma análise visual do quanto a copa era formada por brotações epicórmicas, já que essas brotações costumam surgir após podas mais severas. A classificação foi feita em escala, variando de 0 a 10, sendo 0 = copa sem brotação epicórmica (intensidade muito leve de poda); e 10 = copa formada apenas de brotações epicórmicas (intensidade muito pesada de poda).

Já para obter o IAF, com uma lente *fisheye* acoplada à câmera do celular iPhone 6, foram realizadas fotografias das copas das árvores seguindo a metodologia de Cella et al. (2015). As imagens obtidas pelo celular foram processadas no Gap Light Analyzer 2.0, programa que converte a imagem em níveis de cinza com o objetivo de medir a quantidade de luz barrada pela copa através de pixels.

Com base no estudo de Mores et al. (2019), para a determinação do vigor das árvores foram selecionadas quatro variáveis (densidade da copa, coloração da folha, presença de pragas e doenças, e de danos ao tronco) possíveis de serem avaliadas visualmente em campo e enquadradas em 3 classes subjetivas de vigor (boa, regular e ruim). E com base na classificação de saúde de Martin, Simmons e Ashton (2016), o vigor das árvores foi classificado de acordo com os seguintes critérios:

Bom: Ótimo espécime. Copa completa ou quase completa. Sem sinais de danos ao tronco. Sem sinais de pragas e doenças.

Regular: Bom espécime. Copa não completa, mas saudável. Sinais mínimos de pragas, doenças e de danos ao tronco.

Ruim: Espécime em luta. Copa esparsa. Sinais relevantes de pragas, doenças e danos ao tronco.

3.6. Análise dos resultados

Com o banco de dados completo foi realizado um estudo relacionando as informações coletadas com a taxa de crescimento das brotações. Para isso, foram realizadas regressões lineares múltiplas para checar quais variáveis estavam associadas ao crescimento das brotações, utilizando o conjunto de variáveis explicativas: microclima; época de poda; vigor; intensidade de poda; tipo de canteiro; IAF; e, DAP, para descobrir se os dados realmente necessitam ser separados previamente nesse nível de amostragem, considerando que, segundo Kramer e Kozlowski (1960), a idade influencia na velocidade de crescimento da árvore no geral, mas pouco se sabe sobre a sua influência na velocidade de crescimento de brotações epicórmicas, especificamente.

Com o objetivo de gerar um modelo capaz de explicar o crescimento das brotações e, assim, tornar possível a previsão de quando a poda será necessária novamente, os dados foram analisados a partir da abordagem de ajuste e seleção de modelos, seguindo o protocolo: especificação dos dados, especificação dos modelos, estimativas dos parâmetros, qualidade dos ajustes e comparação entre modelos concorrentes (HILBORN; MANGEL, 1997). Com isso, foi construído um modelo “cheio”, com todas as variáveis, e o algoritmo “*step wise AIC*” foi utilizado

para selecionar o modelo que cotinha as variávies que melhor explicavam a variação dos dados (VENABLES; RIPLEY, 2002). Esse algoritmo constrói vários modelos com as variáveis disponíveis e seleciona o melhor de acordo com o critério de informação de Akaike (AIC) (BURNHAM; ANDERSON, 2004). Os resíduos do modelo selecionado foram conferidos quanto a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Todas as análises foram feitas no R (R CORE TEAM, 2020), usando o pacote MASS (VENABLES; RIPLEY, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Confiabilidade dos métodos para medição de brotações

4.1.1. Método a laser

A fim de avaliar a acurácia da utilização do aparelho a laser para medir o comprimento de brotações de árvores, foram comparados os valores das medições obtidas através da trena e do laser. Para isso, as medidas foram correlacionadas, o que resultou no gráfico de dispersão da Figura 11, contendo também a descrição da função de regressão linear (Equação 1).

$y = 0{,}943*x + 18{,}429$ ---------- Equação 1

em que,

y = medida trena

x = medida laser

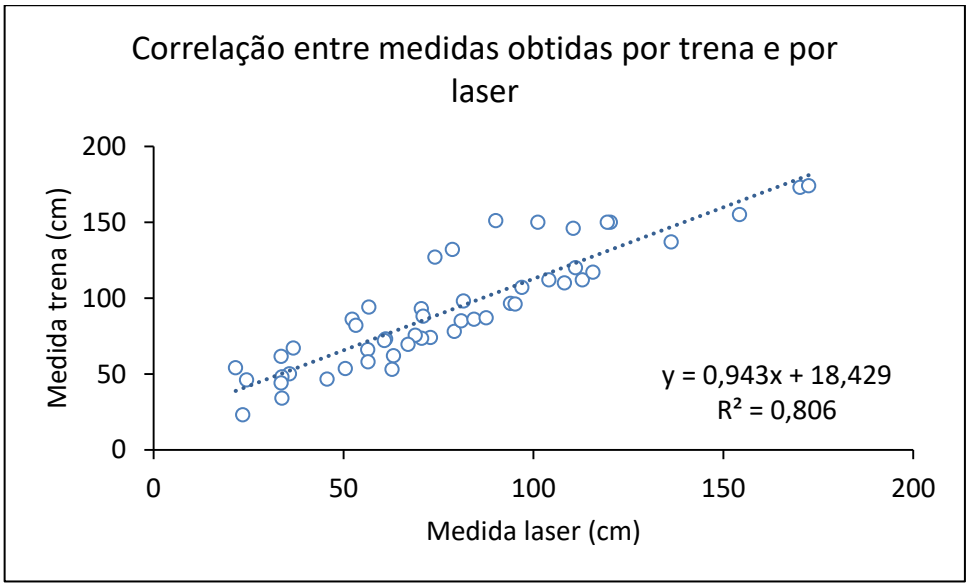

Figura 11 - Gráfico de dispersão relacionando as variáveis medição por trena e medição por laser, com a reta, equação e coeficiente de correlação da regressão linear
Fonte: a autora.

Através da análise de regressão linear das variáveis foram obtidos os valores estatísticos contidos na Tabela 1, onde o valor de R^2 para as 50 observações foi de 0,806, evidenciando a existência de uma relação linear entre as variáveis em estudo.

Tabela 1 –Estatística de regressão linear entre medições obtidas por meio de trena e de laser

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,898
R-Quadrado	0,806
R-quadrado ajustado	0,802
Erro padrão	16,923
Observações	50

Na análise de variância (ANOVA), contida na Tabela 2, considerou-se como hipótese nula (H_0) "não existe relação linear entre a medida do laser e a da trena" e como hipótese alternativa (H_1) "existe relação linear entre a medida do laser e a da trena". Considerando o nível de confiança de 95% – significância de 5% – pode-se rejeitar a hipótese nula (H_0) dado que valor-p está abaixo de 0,05 (valor-p≤α), concluindo que existe relação linear entre as medidas obtidas pelos dois métodos.

Tabela 2 – Análise ANOVA gerada no Microsoft Excel com o valor F, os coeficientes da equação de ajuste e o valor de p

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	57394,5459	57394,5459	200,4035	9,32466E-19
Resíduo	48	13746,9591	286,3950		
Total	49	71141,5050			

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	18,4289	5,7171	3,2234	0,0023	6,9338	29,9239	6,9338	29,9239
Laser	0,9431	0,0666	14,1564	0,0000	0,8091	1,0770	0,8091	1,0770

Contudo, os resíduos apresentados na análise ANOVA não respondem a condição de normalidade pressuposta para um modelo de regressão linear, como pode ser observado no histograma contido na Figura 12, onde se tem uma clara assimetria positiva na distribuição dos resíduos. Portanto, as medições a laser não podem ser explicadas por uma equação linear, não validando uma boa qualidade de ajuste do modelo.

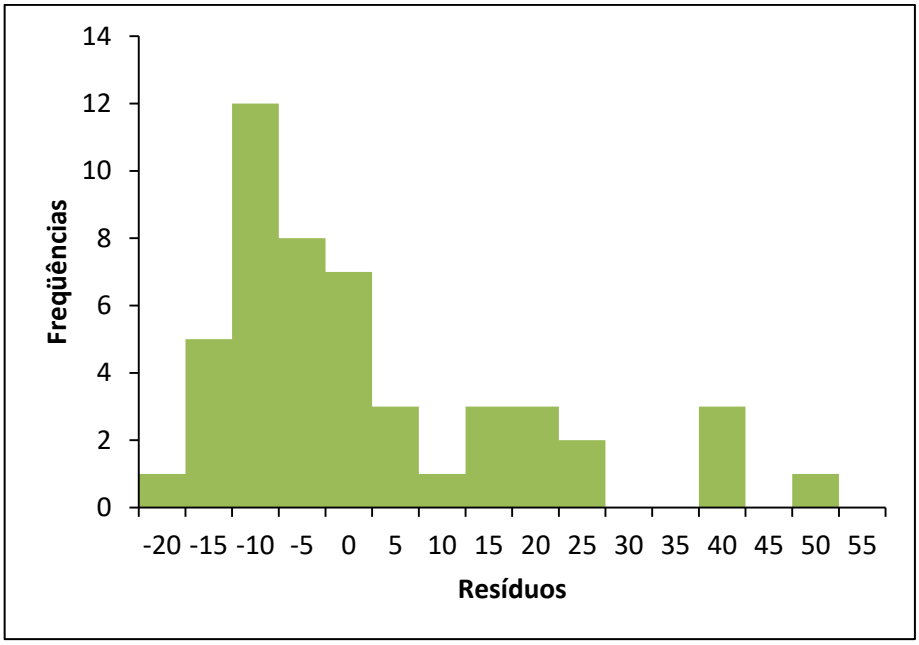

Figura 12 – Histograma dos resíduos
Fonte: a autora.

Em um estudo similar no Canadá, onde foram comparadas as medidas de 19 brotações epicórmicas da espécie *Fraxinus pennsylvanica* obtidas por trena e pelo laser portátil de mão "TruPulse 360", também da empresa Laser Technology, mas com menor precisão (+/- 0,2 m), a correlação foi maior do que a obtida nesse estudo, chegando a um R^2 de 0,98 e valor-p ficando abaixo de 0,00 (FOLLETT et al., 2016). Essa maior correlação entre os dados pode ter ocorrido por ter sido estudado apenas brotações de uma espécie e por considerar apenas o comprimento em linha reta entre o início e o final da brotação, diferente do presente estudo, em que foram realizadas várias medições em um só ramo acompanhando suas curvaturas em diversas espécies arbóreas.

4.1.2. Método digital

Para testar a precisão do método digital na medição de brotações de árvores através do *software* ImageJ, foram comparadas as medidas obtidas por esse método com as realizadas com trena. A correlação dos dados pode ser observada no gráfico de dispersão da Figura 13, onde pode ser observada visualmente a existência de uma relação linear entre as duas variáveis. Os dados podem ser explicados pela função de regressão (Equação 2).

$$y = 0{,}9855*x + 4{,}6565 \quad \text{Equação 2}$$

em que,

y= medida trena

x= medida ImageJ

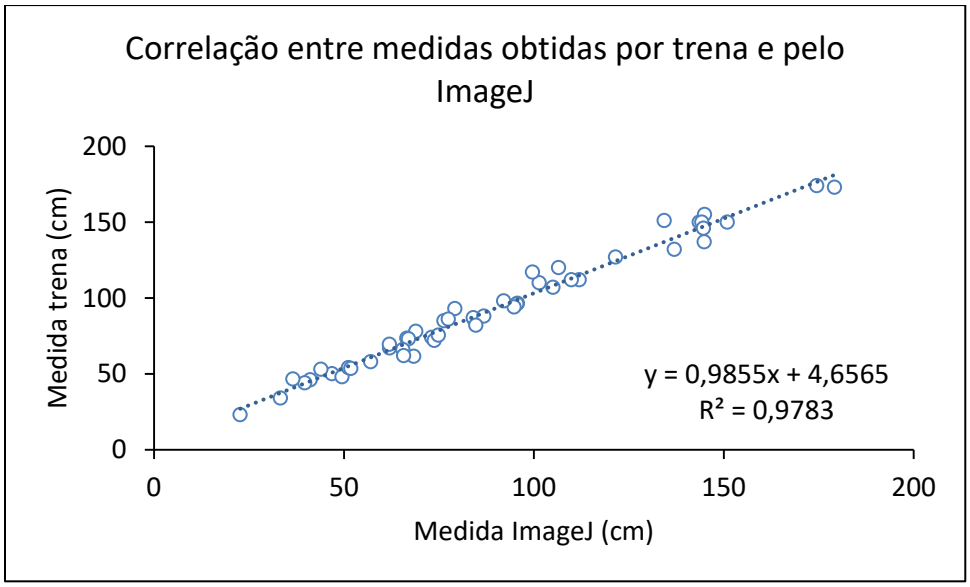

Figura 13 - Gráfico de dispersão relacionando as variáveis medição por trena e medição por ImageJ, com a reta, equação e coeficiente de correlação da regressão linear
Fonte: a autora.

A análise de regressão linear para as 50 observações registrou valor de R^2 de 0,9783 (Tabela 3), constatando uma forte relação linear entre as variáveis de estudo.

Tabela 3 – Estatística de regressão linear entre medições obtidas por meio de trena e do ImageJ

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,9891
R-Quadrado	0,9783
R-quadrado ajustado	0,9778
Erro padrão	5,6646
Observações	50

Na análise ANOVA, contida na Tabela 4, considerou-se como hipótese nula (H_0) "não existe relação linear entre a medida do ImageJ e a da trena" e como hipótese alternativa (H_1) "existe relação linear entre a medida do ImageJ e a da trena". Ao nível de confiança de 95% - significância de 5% – pode-se rejeitar a hipótese nula (H_0), dado que o valor-p está abaixo de 0,05, ou seja, confirma uma relação linear entre as medidas obtidas pelos dois métodos.

Tabela 4 – Análise ANOVA gerada no Microsoft Excel com o valor F, os coeficientes da equação de ajuste e o valor de p

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	1	69601,2545	69601,2545	2169,0370	1,30274E-41
Resíduo	48	1540,2505	32,0886		
Total	49	71141,5050			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*	*Inferior 95,0%*	*Superior 95,0%*
Interseção	4,6565	2,0380	2,2849	0,0268	0,5589	8,7541	0,5589	8,7541
ImageJ	0,9855	0,0212	46,5729	0,0000	0,9429	1,0280	0,9429	1,0280

Os dados dos resíduos na análise ANOVA atendem o pressuposto de regressão de distribuição normal dos resíduos – $\varepsilon \sim N(0;\partial^2)$ –, como pode ser observado no histograma da Figura 14. Portanto, os dados podem ser explicados por uma equação linear, o que valida a boa qualidade de ajuste do modelo.

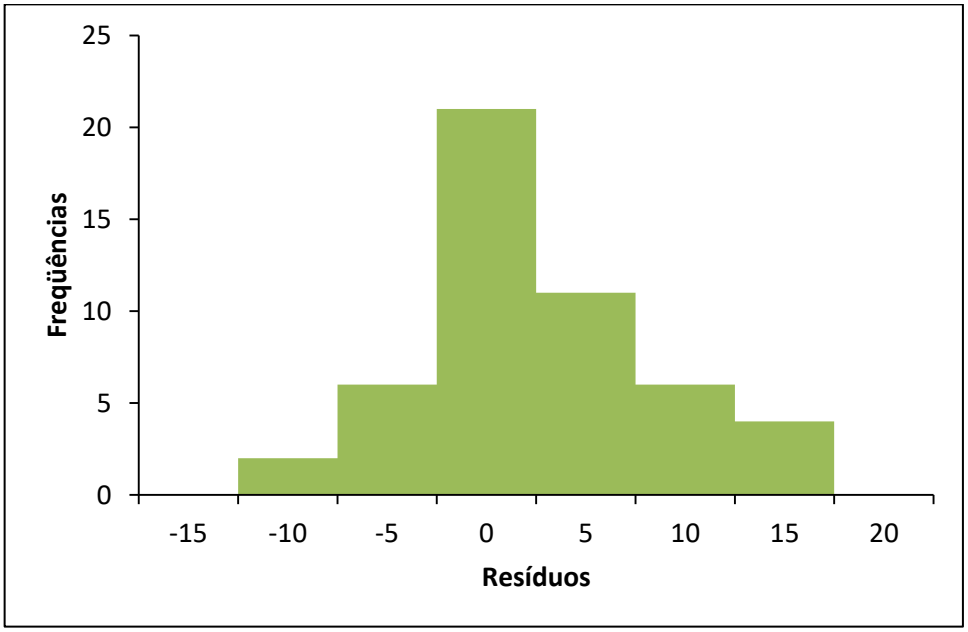

Figura 14 – Histograma dos resíduos das medidas obtidas pelo ImageJ
Fonte: a autora.

Enquanto no presente estudo o valor de R^2 foi de 0,9783, em outro estudo semelhante de Abreu (2017), no qual foram realizadas 56 medições também no parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", comparando as medições obtidas por trena e pelo ImageJ, o R^2, significativo a 5%, ficou em 0,8531, o que indica um alto grau positivo de correlação, porém menor do que o registrado nesse estudo. Essa diferença pode ter sido resultado de uma melhor técnica no posicionamento da baliza nas fotografias, que deve ficar exatamente na mesma direção da brotação em relação à câmera fotográfica e o mais reta possível, sem pender para frente ou para trás.

4.1.3. Escolha do método de medição

Tem-se fortes evidências estatísticas para aderir ao uso de medições de brotações por ImageJ ao invés do método a laser estudado. Primeiramente, o coeficiente de correlação (R^2) é alto e maior para o ImageJ, o qual também foi o único que apresentou validade estatística para o modelo de regressão linear ao nível de confiança de 95%, o que implica que as medidas realizadas por esse método podem ser ajustadas com acurácia pela Equação 2. Por outro lado, as medições a laser não tem validade estatística para o modelo linear de regressão da Equação 1, o que necessitaria de outros ajustes no modelo de regressão para validade de um modelo.

O método digital também se destacou pelo fato de possuir menor grau de dificuldade na coleta de dados em campo, ser mais rápido, possuir menor custo e ser menos sensível a interferências do meio. Em contrapartida, o método a laser necessita da montagem e nivelamento do equipamento sempre que uma nova medição é feita, além de ser necessário esperar por condições de pouco vento para que a brotação não se movimente e o laser possa alcançar o alvo correto, e, mesmo em condições favoráveis, existe a possibilidade de atingir alvos indesejáveis já que a visualização do laser exige uma boa visão do operador. Portanto, neste estudo, será utilizado o método de medição digital das brotações através do *software* ImageJ.

4.2. Seleção da amostra

4.2.1. Regiões

A zona 31 foi a que apresentou maior temperatura média de superfície entre a data de execução da poda e a medição das brotações epicórmicas, com 27,67 ºC. Já a região que obteve menor temperatura média de superfície no mesmo intervalo de tempo foi a zona 2, apresentando 25,14 ºC. Por isso, para estudar o efeito da temperatura de superfície no crescimento das brotações após poda, foram selecionadas as zonas 31 e 2, presentes na Figura 15, as quais apresentaram uma maior diferença de temperatura média de superfície entre elas, de 2,53 ºC. A zona 31 é uma região mais nova de Maringá, mais afastada do centro, onde ainda estão sendo construídos imóveis e há pouca arborização nas calçadas. Já a zona 2 é caracterizada por ser uma região mais antiga da cidade, mais próxima ao centro, elitizada, bem arborizada e localizada ao lado do Parque do Ingá.

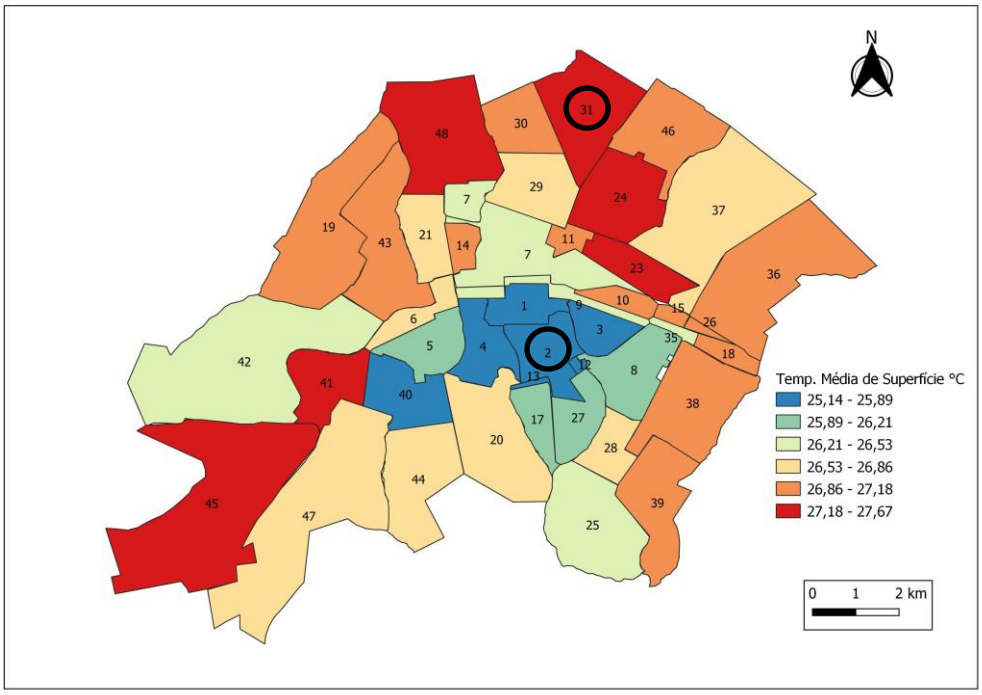

Figura 15 – Mapa da temperatura média de superfície das zonas (bairros) de Maringá – PR no período entre a poda e a medição das brotações, com os bairros selecionados para estudo circulados.
Fonte: a autora.

4.2.2. Espécie

Para selecionar a espécie podada mais presente nas duas regiões a serem estudadas, com o objetivo de conseguir o maior número de dados possível, foi realizada uma visita prévia nas regiões selecionadas, onde foi constatado que a espécie *Cenostigma pluviosum* (Figura 16) estava em maior número e, portanto, seria a mais adequada para o estudo. A espécie é conhecida pelos seguintes nomes populares: sibipiruna, sebipira, sepipiruna. Já seu nome científico é *Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P. Lewis. Ela pertence à família Fabaceae, possui um crescimento médio a rápido, ocorrendo, principalmente, na Mata Atlântica do Rio de Janeiro, Sul da Bahia e Pantanal Mato-Grossense, e está presente nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Pantanal, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (SILVA et al., 2008; LORENZI, 2016).

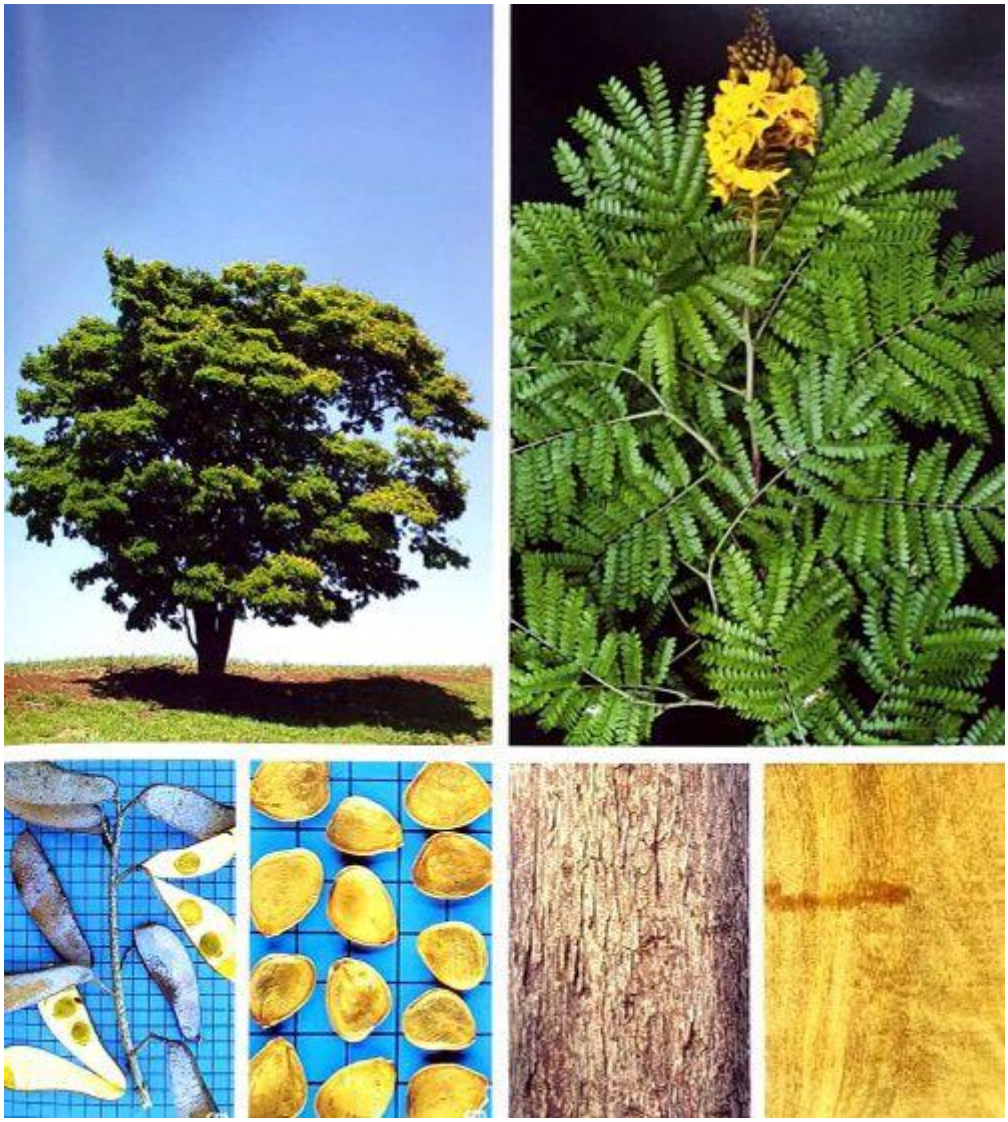

Figura 16 – Aspecto geral da árvore durante a floração, os ramos com flores, a frutificação, o tronco e a madeira da espécie *Cenostigma pluviosum*
Fonte: Lorenzi (2016).

A sibipiruna é uma espécie arbórea ornamental e madeireira que possui de 8 a 16 metros de altura, tem um tronco com DAP de 30 a 40 cm com casca escamosa, copa arredondada e de diâmetro próximo a 15 metros, possui ramos ortotrópicos com crescimento vertical, folhas alternas, compostas bipinadas, flores zigomórficas, racemosas terminais, reunidas em cachos cônicos de cor amarela, e frutos em formato de vagens. Árvore semidecídua e heliófita, floresce entre o final de agosto até meados de novembro, e os frutos amadurecem entre julho e setembro (LORENZI, 2016).

Em um inventário da arborização viária de Maringá – PR, realizado em 2008, a espécie encontrada com maior frequência foi a *Cenostigma pluviosum*, totalizando 36.570 indivíduos arbóreos, o que representa 39,21% das árvores presentes na cidade (SAMPAIO; ANGELIS, 2008). De acordo com Mascaró e Mascaró (2005), a espécie pode reduzir a temperatura em vias urbanas em até 9 ºC durante o verão, além de aumentar a umidade relativa do ar em 15% graças a sua copa.

Segundo Brun (2012), devido ás práticas de manejo em ambiente urbano, a espécie apresenta alta sensibilidade à poda durante a floração. A poda tende a resultar em abscisão precoce da floração e, ainda, reduz essa fase fenológica. Por isso, é recomendado que a poda seja realizada na fase de queda dos frutos maduros, que corresponde ao fechamento do ciclo fenológico (BRUN et al., 2007).

4.3. Análise dos dados

4.3.1 Caracterização da amostra

As árvores da região 31 foram podadas em agosto de 2020 e avaliadas em julho de 2021, totalizando 20 árvores e 91 brotações epicórmicas avaliadas, que para amostragem foram separadas em 5 classes de DAP, as quais continham de 15 a 21 brotações cada uma. Já as árvores da região 2 foram podadas em março de 2020 e avaliadas em julho de 2021, totalizando 19 árvores e 96 brotações epicórmicas avaliadas, as quais também foram separadas em 5 classes de DAP, contendo 17 a 21 brotações por classe. No total foram estudadas 187 brotações epicórmicas de 39 árvores selecionadas para o estudo.

Com os dados processados e organizados em planilhas foi possível fazer sua caracterização. A fim de tornar os dados mais visíveis, seguindo o método de amostragem, foi realizada a média das taxas de crescimento de todas as brotações medidas, separadas por DAP e pelas duas regiões estudadas, contida na Figura 17. A média de crescimento das brotações da *Cenostigma pluviosum* na zona 2 (região fria) foi de 0,37 cm/dia e na zona 31 (região quente) foi de 0,36 cm/dia, a mesma média que as brotações da espécie tipuana apresentaram no estudo de Abreu (2017), sendo que ambas espécies pertencem ao mesmo grupo sucessional de secundárias-tardias (CARVALHO, 2008). Apesar de não ocorrer grande diferença nas taxas de crescimento entre DAPs e entre regiões com distintas temperaturas de superfície, a classe de DAP que apresentou maior taxa de crescimento em ambas regiões foi a C, com DAPs entre 50 a 60 cm. Em um estudo realizado na cidade de Piracicaba - SP (ABREU, 2017), a taxa de crescimento das brotações após poda foram maiores em árvores com DAPs entre 60 e 70 cm para tipuana e entre 40 e 50 cm para ipê-roxo, sendo que a última, de mesmo grupo sucessional que a *Cenostigma pluviosum* (secundárias iniciais), apresentou resposta similar ao crescimento das brotações da espécie *Cenostigma pluviosum*, em que a taxa de crescimento é mais baixa quando a árvore é mais jovem (DAP menor), aumenta na época que possui DAP médio e diminue quando mais velhas (DAP maior). Isso pode indicar que o grupo sucessional ao qual a espécie pertence pode ser um melhor indicador do ritmo de crescimento das brotações epicórmicas após poda do que o DAP. Diferentemente do que ocorre no ritmo de crescimento da árvore no geral

em relação ao DAP, cujos estudos indicam que quanto mais jovem a árvore é, ou seja, quanto menor for seu DAP, mais acelerado é seu ritmo de crescimento, que reduz conforme o avanço da idade (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

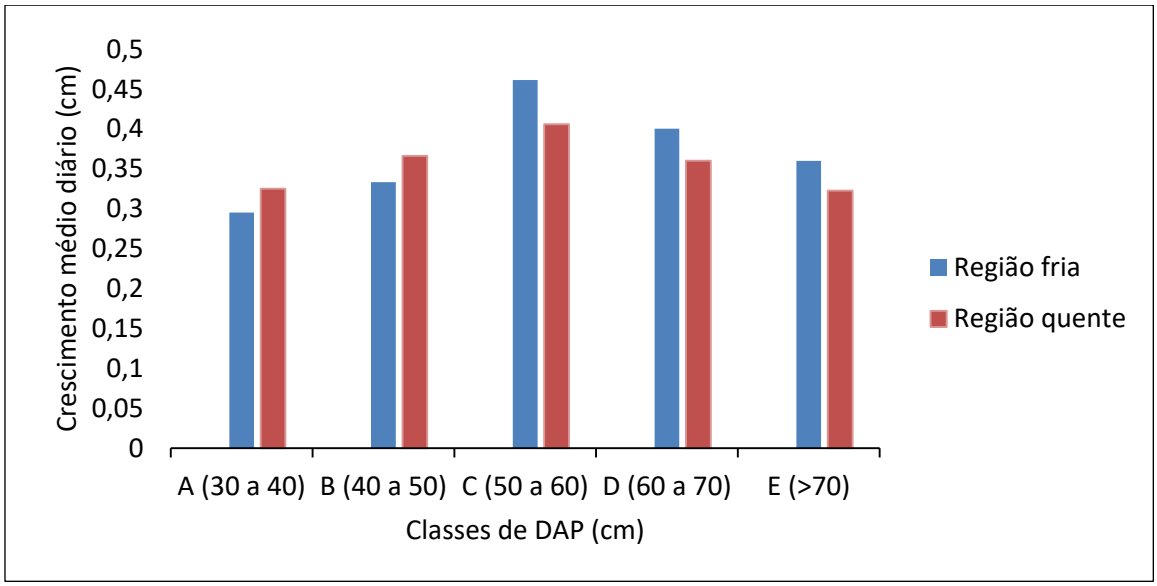

Figura 17 – Crescimento médio diário das brotações de acordo com a amostragem realizada
Fonte: a autora.

O IAF das árvores cujas brotações foram avaliadas variou de 0,48 a 3,17 e apresentou uma média de 2,00, exatamente o mesmo valor médio encontrado por Mendes et al. (2014) em medições realizadas na mesma época, com a mesma espécie (*Cenostigma pluviosum*), através do equipamento LAI 2000 Plant Canopy Analyser, diferente do utilizado neste estudo. Já na pesquisa de Cella et al. (2015), que também foi realizada na mesma época do ano, com a mesma espécie e mesmo equipamento de medição (*fisheye*), foi obtida a média de 2,06 de IAF, valor bastante próximo ao encontrado no presente estudo.

Analisando os dados foi verificado que 59 brotações estudadas tinham suas árvores localizadas em canteiros contínuos, enquanto 128 estavam em canteiros descontínuos, ou seja, canteiros delimitados e, portanto, com área menor. Como a cidade de Maringá foi planejada juntamente com sua arborização, as suas calçadas possuem larguras maiores do que a maioria das cidades, o que fez com que um número elevado de canteiros contínuos fizessem parte da amostra estudada, totalizando 32% da amostra, como é observado na Figura 18. No trabalho de Brun (2012), a maior parte das árvores da espécie *Cenostigma pluviosum* amostradas em Maringá (45,9%) estavam em canteiros que correspondiam a maior classe de área selecionada no estudo (mais de 1m²), característica mais frequente na arborização viária da área central da cidade e que engloba a classe “contínua” do presente estudo, as restantes estavam localizadas em canteiros com áreas abaixo de 1 m² (54,1%).

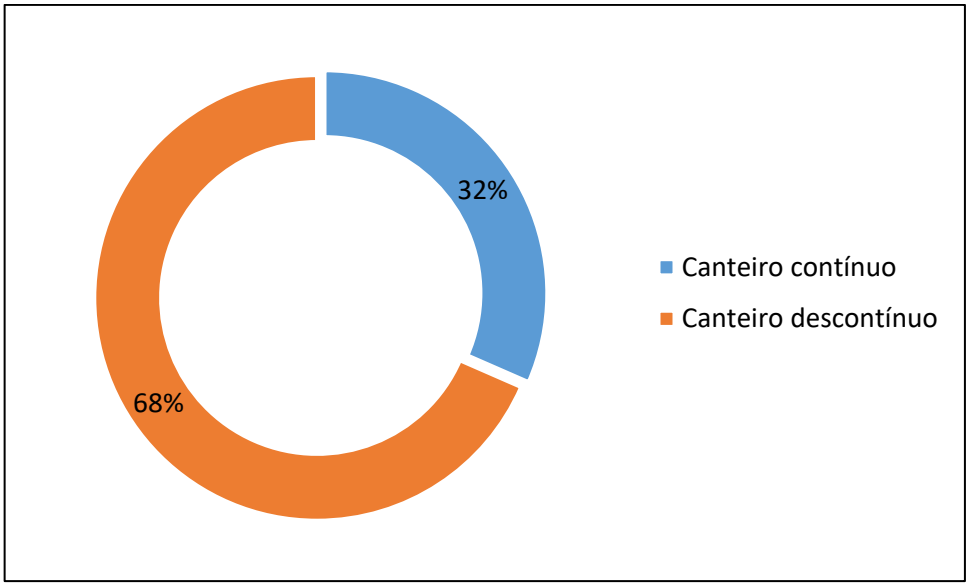

Figura 18 – Porcentagem de brotações amostradas e seus respectivos tipos de canteiros
Fonte: a autora.

Em relação à época de poda (Figura 19), 91 brotações avaliadas foram originadas de podas realizadas em estação seca e fria (outono/inverno), enquanto 96 foram originadas de podas realizadas em estação úmida e quente (primavera/verão).

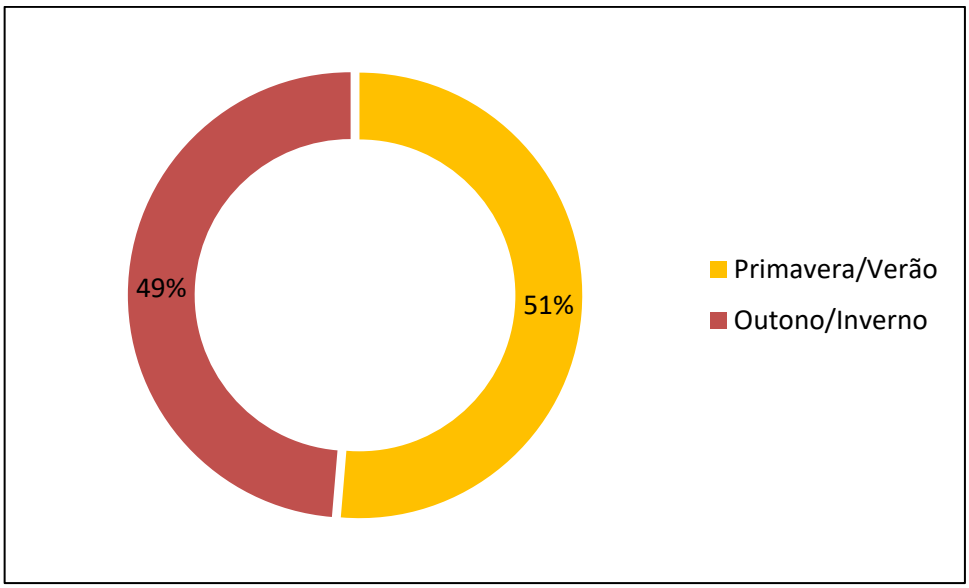

Figura 19 – Porcentagem da amostra de brotações originadas de podas realizadas em épocas diferentes
Fonte: a autora.

A intensidade de poda nas árvores amostradas variou de 2 a 9 na escala de 0 a 10, conforme Figura 20, sendo que a maior parte das brotações (24%) estão localizadas em árvores que sofreram podas de intensidade 2, consideradas leves; seguida da intensidade 7, que indica uma poda mais intensa, correspondendo a 20% da amostra. No estudo de Brun (2012) realizado com

Cenostigma pluviosum, também localizadas nas vias de Maringá, com DAP acima de 45 cm, 72,2% das árvores amostradas possuíam copa sadia, seguidas de 11% que apresentaram copas epicórmicas; e, em relação ao tipo de poda, 47,5% apresentaram poda de liberação de rede de energia elétrica, sendo que 42,1% desses indivíduos foram podados no formato "V" sem seguir critério técnico; e, 6,6% das árvores avaliadas sofreram podas drásticas. Em outro estudo na mesma cidade, foi verificado que durante os anos de 1987 a 2006 foi registrada uma média de 93,8 de quedas de árvores mensalmente na primavera e verão, sendo a poda drástica, tanto na copa como no sistema radicular, a principal causa de queda (TEODORO; AMORIM, 2009).

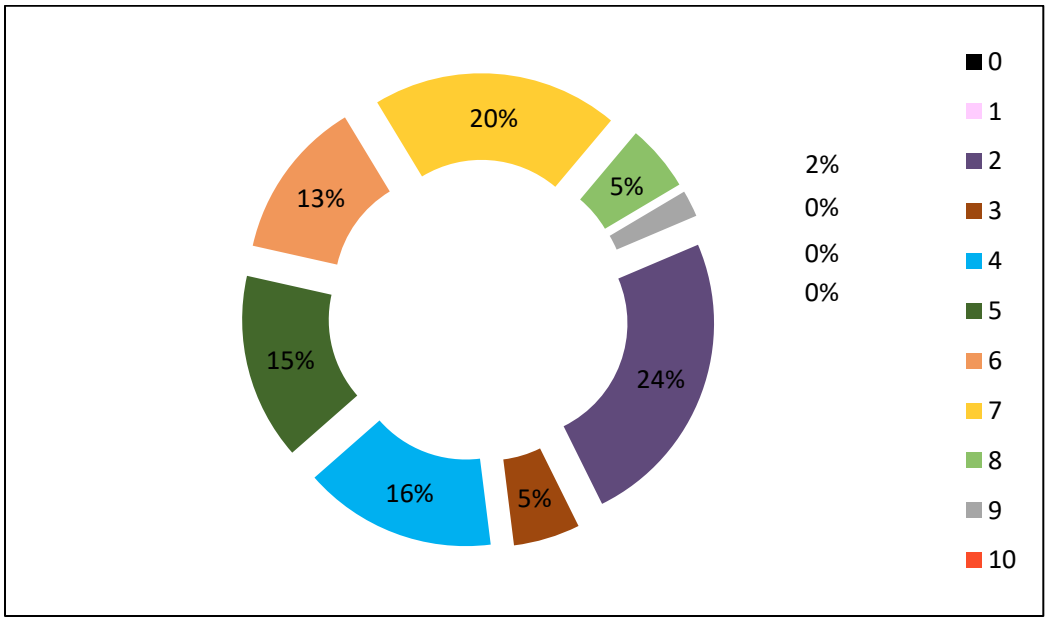

Figura 20 – Porcentagens de brotações localizadas em árvores com diferentes intensidades de poda
Fonte: a autora.

Das brotações avaliadas, 25,14% pertencem à árvores classificadas com um bom vigor; 18,71%, vigor regular; e, 56,15%, vigor ruim. Como podemos observar na Figura 21, mais da metade das brotações amostradas pertencem a árvores de vigor ruim, ou seja, a maior parte apresenta copa mais esparsa, sinais de pragas, doenças e danos no tronco. Na pesquisa de Brun (2012), na mesma cidade e com a mesma espécie, 72,2% das árvores viárias amostradas apresentaram copa vigorosa; e, em relação ao vigor do tronco, 48% possuíam troncos íntegros, enquanto 43% estavam injuriados. Tal declínio no vigor dessas árvores pode ter ocorrido pelo fato de terem se tornado mais velhas e terem sofrido com mais podas e outras atividades de manejo ao longo desse tempo.

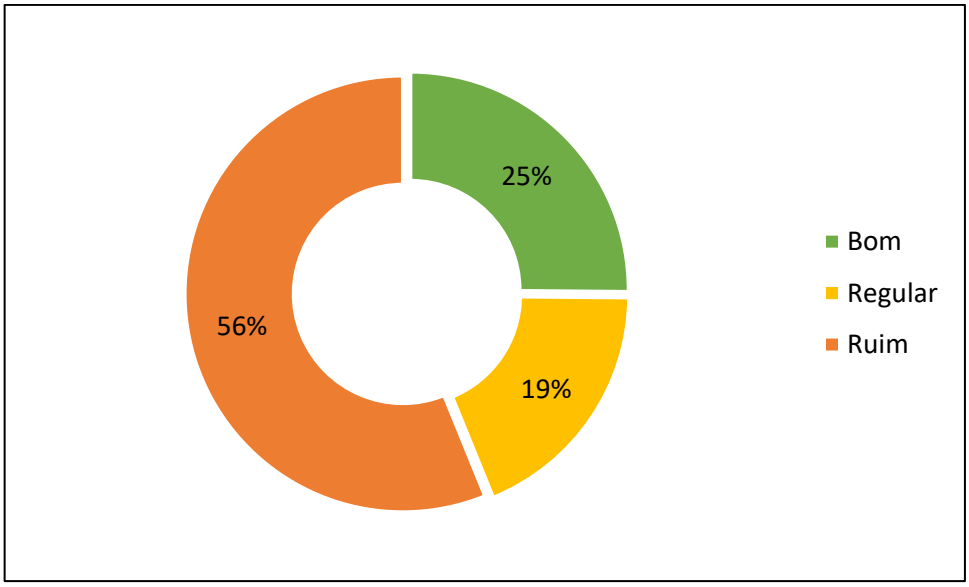

Figura 21 – Porcentagem de brotações localizadas em árvores de diferentes níveis de vigor
Fonte: a autora.

4.3.2. Seleção do modelo estatístico

Foi realizada uma transformação Box-Cox nos dados para atender ao pressuposto de normalidade dos resíduos (após transformação, Shapiro-Wilk = 0,98, p = 0,07, lambda = 0,26). O método stepwise selecionou o modelo que continha as variáveis IAF e tipo de canteiro. O modelo final selecionado que apresentou o menor valor de AIC, e que, portanto, foi o mais adequado, está na Equação 3, a seguir:

crescimento* = 0,643796 + 0,025208*canteiro descontínuo + 0,047011*IAF ---------- Equação 3

em que,
crescimento* = crescimento transformado
canteiro descontínuo = 1

Com o objetivo de prever o crescimento real da brotação na árvore, após obter o valor do "crescimento*" na equação 3, é possível utilizá-lo na Equação 4, a seguir:

crescimento* = $Y* = \frac{Y^{lambda}-1}{lambda}$ ---------- Equação 4

em que,
Y* = crescimento*

Y = crescimento real

lambda = 0,26

No Quadro 1 temos as informações geradas pela análise no *software* R sobre o modelo escolhido, em que podemos observar que o canteiro descontínuo e o IAF possuem coeficientes positivos, e que, portanto, possivelmente influenciaram positivamente no crescimento das brotações. Na estatística de regressão, o R^2 foi de 0,1949 e o R^2 ajustado de 0,1862, o que indica que o modelo selecionado explica 19% da variação dos dados. O nível de confiança do modelo foi de 95%, já que o valor-p no teste T está abaixo de 0,05 e no teste F apresentou um valor-p de 2,167e-09, indicando um nível de confiança de 99%, o que confere consistência ao modelo obtido.

Quadro 1 – Análise gerada no *software* R

	Coeficientes	Erro-padrão	Stat t	valor-P
Interseção	0,643	0,017	36,201	< 2e-16 ***
Canteiro descontínuo	0,025	0,011	2,221	0,0276 *
IAF	0,047	0,007	6,483	8,02e-10 ***

O fato das outras variáveis estudadas não terem sido escolhidas como parte do modelo selecionado estatisticamente, comprova que elas não apresentaram influência na variação do crescimento das brotações epicórmicas em *Cenostigma pluviosum* podadas em Maringá. Por isso, podemos inferir que, nesse estudo, as variáveis DAP; microclima; vigor da árvore; intensidade da poda; e, época da poda não influenciaram na velocidade de crescimento das brotações.

Na Figura 22 está contido o gráfico de dispersão, onde as linhas representam o resultado do modelo selecionado, que explica 19% da variação dos dados. Ele indica que existe uma relação positiva entre o crescimento e o índice de área foliar, e o crescimento é maior nos canteiros do tipo descontínuo. Isso significa que o tipo de canteiro e o IAF são duas variáveis que ajudam a prever a velocidade de crescimento de brotações epicórmicas em *Cenostigma pluviosum* após poda. A razão pela qual o modelo explica pouco sobre a variação de crescimento das brotações (19%), pode ser resultado da existência de diversas outras variáveis que estão influenciando o crescimento, mas que não foram avaliadas nesse estudo. Assim como o autor Sand et al. (2018) sugere, essa baixa porcentagem explicativa do modelo pode ter sido causada pelas condições heterogêneas do ambiente urbano, tanto acima como abaixo do solo, variáveis como textura e umidade do solo de cada árvore, por exemplo, podem ter influenciado. Além disso, levando em consideração o estudo de Locosselli et al. (2019) sobre o crescimento do DAP de tipuanas na cidade de São Paulo, a poluição do ar pelos elementos Al, Zn, Ba e matéria particulada também pode ser uma variável não estudada que tenha influenciado no crescimento de *Cenostigma pluviosum*, já que influenciaram fortemente na

redução do crescimento em seu estudo. Assim como ocorreu no estudo de Nawaz et al. (2021), em que concentrações maiores de chumbo (Pb) e de poeira no ar também afetaram negativamente no crescimento geral das árvores urbanas. A incidência de luz direta foi uma variável que apresentou relação positiva com a velocidade de crescimento de brotações após poda em todas as espécies estudadas por Braga et al. (2020), inclusive em *Cenostigma pluviosum*, e essa pode ter sido mais uma variável que possui capacidade de afetar o crescimento, mas não foi avaliada.

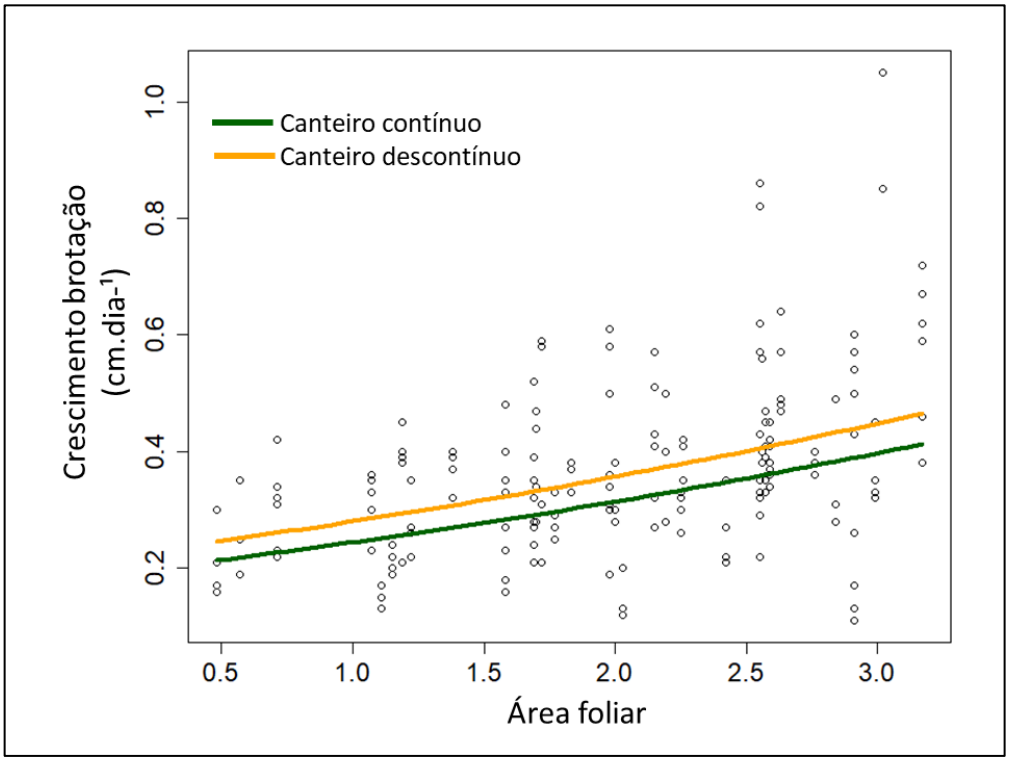

Figura 22 - Crescimento das brotações (cm.dia-¹) em função da área foliar (IAF)
Fonte: a autora.

Ao contrário do esperado, um canteiro descontínuo, ou seja, de área menor, é uma variável que pode ter contribuído para as brotações epicórmicas crescerem mais rápido após a poda. Fato que também ocorreu no estudo realizado no Estado de Minas Gerais por Braga et al. (2020), em que as brotações após poda cresceram mais em áreas com restrição de permeabilidade, apesar de serem menos saudáveis. Esses resultados diferem do concluído por Sand et al. (2018), com árvores da espécie *Tilia europaea* na Suécia, que indicou que canteiros menores atrasaram o crescimento das brotações em 39% a 55%, apesar de baixa correlação, o que pode apontar para a possibilidade da espécie e região terem influenciado no resultado. Já a autora Brun (2012), que estudou a relação da área de canteiro com a mesma espécie e na mesma região da presente pesquisa, mas relacionou com a produção de biomassa da árvore, constatou que a área de canteiro não mostrou efeito significativo na produção de folhas, porém, na produção de galhos, madeira do tronco e biomassa total, o efeito foi significamente positivo em canteiros de 1 m², e não em canteiros maiores que 1 m²,

como era esperado, e nem em canteiros menores que 1 m². Como neste trabalho foi estudado o crescimento de brotações epicórmicas, que são compostas por galhos e folhas, o efeito do canteiro descontínuo foi similar ao efeito do canteiro delimitado com 1m² do estudo de Brun (2012) em relação à produção de galhos e, neste estudo, ao comprimento das brotações.

O resultado não era esperado, pois canteiros menores limitam a área de infiltração da água, fator que influencia no crescimento da árvore, além de limitarem a entrada de ar e nutrientes no solo, o que afeta o desenvolvimento das raízes da árvore (POORTER; BONGERS, 1993; BRAZOLIN, 2009; CUI ET AL., 2021). Porém, o fato de Maringá já possuir um solo com excelentes propriedades e ocorrer a presença de trincas na maior parte das calçadas de concreto, o que facilita a entrada desses elementos no solo e faz com que a água infiltrada não evapore tão facilmente, pode amenizar os efeitos negativos de um canteiro pequeno no desenvolvimento da árvore. Além disso, o fato de ocorrer menor crescimento das brotações de árvores com canteiros maiores (contínuos), pode ter relação com a alta ocorrência da presença de outras plantas nesse tipo de canteiro, como gramíneas, o que pode ter causado uma competitividade por recursos do solo, atrasando o crescimento das brotações epicórmicas. Resultado que também ocorre no estudo de Biondi e Reissmann (1997) em Curitiba - PR, com a espécie Acer, em que parâmetros como diâmetro de copa, DAP, peso de 100 folhas, peso do ramo e área foliar foram maiores em árvores localizadas em canteiros de área pavimentada do que em canteiros com gramíneas, indicando que a presença de gramíneas pode prejudicar mais o desenvolvimento das árvores do que o pavimento. Essa questão é apoiada por diversos estudos que indicam a forte competição entre gramíneas e árvores por espaço, nutrientes, água, oxigênio, e o menor volume das raízes como resultado dessa interação (MESSENGER, 1976; HOUSTON, 1985; HELLIWELL, 1986). Esse resultado pode ser importante para a definição de políticas públicas da cidade, já que investir em canteiros contínuos com gramíneas pode induzir um crescimento mais lento das brotações até a rede de energia elétrica. Porém, a saúde das árvores que estão nessas condições deve ser mais investigada e considerada em futuras decisões.

Como é possível observar na Figura 22, quanto maior o IAF da árvore, maior foi o ritmo de crescimento das brotações epicórmicas. Porém, ambas as variáveis podem estar interligadas, já que quanto maior for o crescimento das brotações, mais folhas a árvore apresenta, folhas estas que podem ter sido contabilizadas na medição do IAF em campo. Porém, também existe a possibilidade de um maior IAF ter influenciado num crescimento mais rápido da brotação, uma vez que o IAF está diretamente ligado a taxa de fotossíntese, que por sua vez está relacionada com a produção de biomassa da planta (MONTEIRO et al., 2005). Em outro estudo sobre brotações da espécie ipê-roxo e chapéu-de-sol, foi constatado que o IAF explicou, respectivamente, 27,1% e 26,6% da velocidade de crescimento das brotações (ABREU, 2017).

Como o DAP não apresentou relação com a taxa de crescimento da brotação em si, não fez sentido realizar o estudo separando os dados de brotação em classes de DAP conforme idealizado inicialmente, já que a idade da árvore não afetou o crescimento das brotações epicórmicas. Isso pode ser explicado por Milano (1988), Sampaio (2006) e Brun (2012), que também realizaram estudos sobre o crescimento médio da *Cenostigma pluviosum* na arborização de Maringá – PR de 1988 a 2010, em que foi constatado um crescimento linear ascendente na altura e DAP das árvores e, apesar de ocorrer queda no ritmo de crescimento do DAP com o aumento da idade dos exemplares, foi constatado que o ritmo de crescimento em altura foi estabilizado ao longo dos 22 anos, provavelmente devido a podas regulares para afastamento da rede de energia elétrica. Além disso, como o surgimento de brotações epicórmicas é uma resposta da árvore a um estresse ocorrido pelo desequilíbrio entre sua parte aérea e radicular, o seu crescimento pode ter um ritmo diferente do crescimento natural do DAP ao longo do tempo. Um estudo realizado com árvores podadas em conflito com a rede de energia elétrica no Canadá, também não mostrou um efeito significativo do DAP no crescimento das brotações das árvores amostradas como se esperava, mas o diâmetro do galho de onde as brotações surgiram, em uma das espécies avaliadas, mostrou efeito significativo no crescimento, embora o R^2 resultante tenha sido baixo (FOLLETT et al., 2016).

O que podemos inferir sobre o microclima, é que o crescimento entre as brotações epicórmicas medidas nas regiões com a maior e a menor temperatura de superfície média da cidade de Maringá não apresentou diferenças, ou seja, a diferença de temperatura de superfície entre as regiões não afetou a velocidade de crescimento das brotações de *Cenostigma pluviosum*, neste caso. Esse resultado também foi obtido quando foi estudado o crescimento de brotações após poda de diversas espécies em Minas Gerais (BRAGA et al., 2020). Apesar de diversas pesquisas apontarem a influência de temperaturas maiores em um crescimento mais rápido das árvores, o crescimento é avaliado em relação à biomassa da árvore, volume de madeira, DAP e duração de fases fenológicas (FITTER et al., 1995; FANG et al., 2014; KAUPPI et al., 2014; PRETZSCH et al., 2014; ZIPPER et al., 2016; PRETZSCH et al., 2017; STANLEY, HELLETSGRUBER, HOF, 2019). Já a presente pesquisa avaliou o crescimento específico de brotações epicórmicas após a poda. Além do crescimento ter sido avaliado de forma diferente, a diferença de temperatura de superfície média entre as regiões estudadas, de 2,53 ºC, pode ter sido pequena para causar alguma variação no crescimento das brotações. Martin, Simmons e Ashton (2016), acreditam que este tipo de estudo seja mais útil para cidades em que o microclima varia consideravelmente entre as regiões, seja por condições naturais ou pela existência do efeito das “Ilhas de calor”. Os autores ainda adicionam os fatores espécie e clima, que precisam ser considerados, uma vez que possuem características muito específicas e são muito complexos para serem comparados com outros, por isso, há a necessidade de realizar mais estudos em diferentes ambientes e com diferentes espécies. Os mesmos autores chegaram a essas

conclusões, uma vez que estudando três espécies de árvore juntas, não foi constatada diferença significativa no crescimento do DAP das árvores entre microclimas, os quais possuíam uma diferença de 3,3 ºC de temperatura média anual, mas quando estas árvores foram avaliadas separadamente por espécie, surgiram diferenças significativas no crescimento do DAP de duas espécies entre os diferentes microclimas.

Árvores com vigor bom, regular e ruim também não apresentaram diferenças significativas no crescimento de suas brotações epicórmicas após a poda. No estudo de Brun (2012), as *Cenostigma pluviosum* com copas mais vigorosas apresentaram maior produção de biomassa total (folhas, galhos, madeira e casca do tronco); o tronco íntegro influenciou positivamente no acúmulo de biomassa nos galhos, madeira e casca do tronco; já as árvores com tronco injuriado, apresentaram influência positiva na produção de biomassa foliar, devido á resposta fisiológica ao dano nos tecidos do tronco que estimulam o surgimento de folhas para maior produção de substâncias cicatrizantes. Como no presente estudo, a variável vigor englobou a qualidade da copa, do tronco e a presença de pragas e doenças, esses fatores unidos podem ter tornado a análise mais complexa, já que estão bastante relacionados e influenciam um ao outro.

Uma resposta mais rápida no crescimento de brotações foi relacionada com podas mais severas em um estudo com árvores viárias no Canadá (FOLLETT et al., 2016). No estudo de Brun (2012), a ocorrência de podas mais pesadas em meio urbano desencadearam uma maior produção e acúmulo de biomassa na copa da *Cenostigma pluviosum*, a qual foi responsável por 89,7% do acúmulo total da biomassa das árvores amostradas em Maringá – PR. Na presente pesquisa, a intensidade da poda, mesmo variando entre notas de 2 a 9 nas árvores amostradas, não influenciou no ritmo de crescimento das brotações epicórmicas após poda. Esse resultado pode indicar que, mesmo que uma poda intensa possa produzir um maior número de brotações e mais biomassa do que uma poda leve em *Cenostigma pluviosum*, ela não modifica a velocidade de crescimento das mesmas. O que também acorreu no estudo de Braga et al. (2020), no qual a intensidade da poda não apresentou uma resposta padrão na velocidade de crescimento das brotações epicórmicas originadas.

Foram avaliadas duas variações na época de poda das árvores amostradas: algumas foram podadas em março de 2020, na estação quente e chuvosa (primavera/verão); e outras foram podadas em agosto de 2020, na estação fria e seca (outono/inverno). Apesar das árvores terem sofrido podas em diferentes momentos, o crescimento das brotações após o evento não foi afetado. Esse resultado pode ter ocorrido devido a possibilidade de ambas épocas de poda não serem as mais adequadas para a espécie, que deveria ser podada apenas ao final da fase de frutificação, em seu encerramento de ciclo fenológico, que costuma ser a partir de setembro, caso não esteja florescendo, pois dependendo da árvore pode cessar apenas a partir de meados de novembro.

5. CONCLUSÕES

Obtiveram-se fortes evidências estatísticas para aderir ao uso do ImageJ ao invés do método a laser para a medição de brotações. Primeiramente, o coeficiente de correlação (R^2) é alto e maior para o ImageJ, o qual também foi o único que apresentou validade estatística para o modelo de regressão linear ao nível de confiança de 95%.

As brotações das *Cenostigma pluviosum* localizadas em canteiros de área contínua, ou seja, canteiros maiores, apresentaram um crescimento mais lento quando comparadas com as brotações localizadas em canteiros de área menor. Já os indivíduos com maior IAF apresentaram brotações com ritmo de crescimento mais acelerado após poda. As demais variáveis como DAP; microclima; vigor da árvore; intensidade da poda; e, época da poda não apresentaram influência estatística significativa na velocidade de crescimento das brotações.

Apesar de não ser possível afirmar que o tipo de canteiro e o IAF influenciaram no crescimento das brotações epicórmicas que surgiram na espécie *Cenostigma pluviosum* após a poda, é possível afirmar que as duas variáveis ajudam a prever o ritmo de crescimento dessas brotações na cidade de Maringá – PR. O modelo gerado para prever o crescimento explicou 19% da variação na velocidade de crescimento das brotações epicórmicas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A descoberta sobre a possível influência do tipo de canteiro no crescimento é importante para a definição de políticas públicas da cidade de Maringá – PR, uma vez que investir em canteiros contínuos pode induzir um crescimento mais lento das brotações até a rede de energia elétrica, trazendo mais economia com custos de poda pelas concessionárias de energia. No entanto, é necessário que mais estudos sejam realizados para garantir que essas condições do meio também sejam favoráveis à saúde das árvores.

Em relação ao fato de sibipirunas com maior IAF apresentarem brotações com ritmo de crescimento mais acelerado após poda, é necessária a realização de mais estudos para descobrir se realmente o IAF afeta o crescimento das brotações epicórmicas, pois ambos os fatores podem estar bastante interligados.

O modelo gerado para prever o crescimento das brotações em *Cenostigma pluviosum* após poda em Maringá – PR, explica pouco sobre a variação na velocidade de crescimento das brotações, indicando a existência de outras variáveis afetando o crescimento. Por isso, sugere-se que futuros estudos incluam a investigação da influência de variáveis como propriedades do solo de cada árvore (textura e umidade), poluição do ar e incidência de luz direta na copa.

Como o ambiente urbano é bastante complexo, suas árvores podem sofrer com diversas influências que muitas vezes estão interligadas, o que dificulta a análise de influência do crescimento dessas árvores. Dessa forma, se torna importante que os estudos sejam realizados com espécies e ambientes específicos, já que não existe um padrão de resposta após poda para todas as espécies de árvores em todas as regiões.

Além de ajudar no desenvolvimento de novas políticas públicas e no planejamento e redução de gastos com podas aéreas pelas concessionárias de energia, estudos sobre o crescimento de espécies arbóreas em ambientes urbanos podem auxiliar a criação de protocolos de sequestro de carbono pelas árvores das cidades.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. N. **Crescimento de brotações após poda de árvores em vias públicas na cidade de Piracicaba, SP**. Piracicaba, 2017. 78 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

ALVAREZ, J. A.; VILLAGRA, P. E.; VILLALBA, R.; DEBANDI, G. Effects of the pruning intensity and tree size on multi-stemmed *Prosopis flexuosa* trees in the Central Monte, Argentina. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 310, p. 857-864, 2013.

BÁEZ CASCO, M. T.; SANTIAGO, A. G. Critérios de arborização urbana. Estudo de caso: cidade de Foz do Iguaçu – PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 10., 2006, Maringá. **Anais**... Maringá: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2006. p. 173-188.

BENGOUGH, A. G.; MCKENZIE, B. M.; HALLETT, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 59-68, 2011.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas:** noções básicas. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. 41 p.

BIONDI, D.; REISSMANN, C. B. Avaliação do vigor das árvores urbanas através de parâmetros quantitativos. **Scientia Forestalis**, n. 52, p. 17-28, 1997.

BRAGA, R. M.; SOUZA, M. M.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N. Post-pruning growth of some afforestation species in the metropolitan region of Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 44, n. 4411, p. 1-9, 2020.

BRAZOLIN, S. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. 2009. 265 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BROWNING, D. M.; WIANT, H. V. The economic impacts of deferring electric utility tree maintenance. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 23, n. 3, p. 106-112, 1997.

BROWSE, J.; XIN, Z. Temperature sensing and cold acclimation. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 241-246, 2001.

BRUN, F. G. K. **Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianela pluviosa var. peltophoroides* (Benth.) L.P. Queiróz) na arborização viária de Maringá - PR**. 2012. 163 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BRUN, F. G. K.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; FREITAG, A. S.; SCHUMACHER, M. V. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do Bairro Camobi, Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 44 – 63, 2007.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. **Sociological Methods & Research**, v. 33, n. 2, p. 261-304, 2004.

BVGESP. Biblioteca Virtual do Governo do Estado de São Paulo. **São Paulo: clima**. Disponível em: <http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/temas/sao-paulo/sao-paulo-clima.php>. Acesso em: 03 ago. 2020.

CAMILO, J. C. **Atlas: um outro olhar sobre Maringá - PR.** 2019. 200 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

CARFAN, A. C.; NERY, J. T.; STIVARI, S. M. S.; SILVA, E. S.; COSTA, I.; MARTINS, M. L. O. F. Diagnóstico do clima urbano de Maringá – PR. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10., 2005 São Paulo. **Anais**... São Paulo: USP, 2005. p. 3728-3748.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 3. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 593 p.

CELLA, A. C.; MENDES, F. H.; POLIZEL, J. L.; SILVA FILHO, D. F. Método alternativo para obtenção do índice de área foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 19., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBAU, 2015. 4 p.

CHMIELEWSKI, F. M.; RÖTZER, T. Response of tree phenology to climate change across Europe. **Agriculture and Forest Meteorology**, v. 108, n. 2, p. 101-112, 2001.

CHURKINA, G.; ZAEHLE, S.; HUGHES, J.; VIOVY, N.; CHEN, Y.; JUNG, M.; HEUMANN, B. W.; RAMANKUTTY, N.; HEIMANN, M.; JONES, C. Interactions between nitrogen deposition, land cover conversion, and climate change determine the contemporary carbon balance of Europe. **Biogeosciences**, v. 7, n. 9, p. 2749–2764, 2010.

CUI, B.; WANG, X.; SU, Y.; CHEN, Y.; YU, W.; GONG, C.; LI. L.; REHIM, A.; WANG, X. Impacts of pavement on the growth and biomass of young pine, ash and maple trees. **Trees,** v. 35, p. 2019–2029, 2021.

DAHLHAUSEN, J.; BIBER, P.; RÖTZER, T.; UHL, E.; PRETZSCH, H. Tree species and their space requirements in six urban environments worldwide. **Forests**, Basel, v. 7, n. 6, p. 1-19, 2016.

DOUTOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. Passive cooling of outdoor urban spaces: the role of materials. **Solar Energy**, v. 77, n. 2, p. 231-249, 2004.

EHSEN, H. Pruning of street trees: cause, objective and execution. **Arboricultural Journal**, Dorchester on Thames, v. 11, n. 3, p. 245-263, 1987.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Clima**. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 7 jan. 2020.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações Técnicas Florestais**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 1-42, 2005.

f>. Acesso em: 15 mar. 2019.

FANG, J.; KATO, T.; GUO, Z.; YANG, Y.; HU, H.; SHEN, H.; ZHAOB, X.; KISHIMOTO-MOD, A. W.; TANGE,Y.; HOUGHTON, R. A. Evidence for environmentally enhanced forest growth. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 26, p. 9527–9532, 2014.

FERRETTI, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; ARBOCS, G. F.; SANTOS, J. D.; BARROS, M. I. A. OLIVEIRA, C. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v.3. n.7, p. 73-77, 1995.

FINI, A.; FRANGI, P.; FAORO M.; PIATTI, R.; AMOROSO, G.; FERRINI, F. Effects of different pruning methods on an urban tree species: A four-year-experiment scaling down from the whole tree to the chloroplasts. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v. 14, n. 3, p. 664-674, 2015.

FITTER, A. H.; FITTER, R. S. R.; HARRIS, I. T. B.; WILLIAMSON, M. H. Relationships between first flowering date and temperature in the flora of a locality in central England. **Functional Ecology**, v. 9, n. 1, p. 55-60, 1995.

FOLLETT, M.; NOCK, C. A.; BUTEAU, C.; MESSIER, C. Testing a new approach to quantify growth responses to pruning among three temperate tree species. **Arboriculture & Urban Forestry**, Champaign, v. 42, n. 3, p. 133–145, 2016.

GEBERT, L. L.; COUTTS, A. M.; TAPPER, N. J. The influence of urban canyon microclimate and contrasting photoperiod on the physiological response of street trees and the potential benefits of water sensitive urban design. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 40, p. 152-164, 2019.

GILLNER, S.; BRÄUNING, A.; ROLOFF, A. Dendrochronological analysis of urban trees: climatic response and impact of drought on frequently used tree species. **Trees**, v. 28, p. 1079–1093, 2014.

HARRIS, R. W.; CLARK, J. R.; MATHENY, N. P. **Arboriculture: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines**. New Jersey: Prentice-Hall, 3 ed., 1999. 687 p.

HELLIWELL, D. R. The extent of tree roots. **Journal of Arboriculture**, v. 10, p. 341-347, 1986.

HEVIA, A.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J. G.; MAJADA, J. Comparison of pruning effects on tree growth, productivity and dominance of two major timber conifer species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 374, p. 82-92, 2016.

HILBORN, R.; MANGEL, M. **The ecological detective: confronting models with data**. Princeton: Princeton University Press, 1997. 336 p.

HOUSTON, D. R. Dieback and declines of urban trees. **Journal of Arboriculture**, v. 11, n. 3, p. 65-69, 1985.

IAKOVOGLOU, V.; THOMPSON, J.; BURRAS, L.; KIPPER, R. Factors related to tree growth across urban-rural gradients in the Midwest, USA. **Urban Ecosystems**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 71-85, 2001.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>. Acesso em: 03 fev. 2020.

IMAGEJ. **ImageJ Features**. 2020. Disponível em: <https://imagej.nih.gov/ij/features.html>. Acesso em: 21 fev. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa** (BDMEP). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/ >. Acesso em: 22 fev. 2021.

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p., 2014.

JIM, C. Roadside trees in urban Hong Kong: part III tree size and growth space. **Arboriculture Journal**, v. 21, n. 2, p. 73–88, 1997.

JOBBÁGY, E. G.; JACKSON, R. B. The distribution of soil nutrients with depth: global patterns and the imprint of plants. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 53, n. 1, p. 51-77, 2001.

KAUPPI, P. E.; POSCH, M.; PIRINEN, P. Large impacts of climatic warming on growth of boreal forests since 1960. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, p. 1-6, 2014.

KIRCHNER, F. F.; DETZEL V. A.; MITISHITA, E. A. Mapeamento da vegetação urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990 Curitiba. **Anais**... Curitiba: FUPEF, 1990. p. 72-85.

KONARSKA, J.; UDDLING, J.; HOLMER, B.; LUTZ, M.; LINDBERG, F.; PLEIJEL H.; THORSSON, S. Transpiration of urban trees and its cooling effect in a high latitude city. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 1, p. 159-172, 2015.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill, 1960. 642 p.

LANGOWSKI, E.; KLECHOWICZ, N. A. **Manual prático de poda e arborização urbana**. 3.ed. Cianorte: APROMAC, 2001. 42p.

LASERTECH. **Laser Technology**. 2020. Disponível em: <https://www.lasertech.com/>. Acesso em: 20 fev. 2020.

LIMA, A. M. L. **Piracicaba, SP**: análise da arborização viária na área central e em seu entorno. Piracicaba, 1993. 238 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

LIU, M.; PIETZARKA, U.; MEYER, M.; KNIESEL, B.; ROLOFF, A. Annual shoot lenght of temperate broadleaf species responses to drought. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 73, p. 1-15, 2022.

LOCOSSELLI, G. M.; CAMARGO, E. P.; MOREIRA, T. C. L.; TODESCO, E.; ANDRADE, M. F.; ANDRÉ, C. D. S.; ANDRÉ, P. A.; SINGER, J. M.; FERREIRA, L. S.; SALDIVA, P. H. N.; BUCKERIDGE, M. S. The role of air pollution and climate on the growth of urban trees. **Science of the Total Environment**, v. 666, p. 652-661, 2019.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2016. 334 p.

LORUSSO, D. C. Gestão de áreas verdes urbanas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO, 4., 1992, Vitória. **Anais**... Vitória: Prefeitura Municipal de Vitória, 1992. p. 105-118.

MARTIN, M. P.; SIMMONS, C.; ASHTON, M. S. Survival is not enough: The effects of microclimate on the growth and health of three common urban tree species in San Francisco, California. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 19, p. 1-6, 2016.

MASCARÓ, L. E.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Mais Quatro, 2005. 204 p.

McPHERSON, E. G. Sacramento's parking lot shading ordinance: environmental and economic costs of compliance. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 105-123, 2001.

MEDHURST, J. L.; PINKARD, E. A.; BEADLE, C. L.; WORLEDGE, D. Photosynthetic capacity in Acacia melanoxylon following form pruning in a two-species plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, n. 2-3, p. 250-259, 2006.

MENDES, F. H. **Quantificação dos serviços ecossistêmicos da arborização urbana**. Piracicaba, 2021. 127 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

MENDES, F. H.; CELLA, A. C.; SILVA FILHO, D. F; POLIZEL, J. L. Estimativa do índice de área foliar para diferentes espécies arbóreas urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 18., 2014, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBAU, 2014. 10 p.

MESSENGER, A. S. Root competition: grass effects on trees. **Journal of Arboriculture**, v. 2, p. 228-230, 1976.

MILANO, M. S. **Avaliação qual-quantitativa e manejo da arborização urbana:** exemplo de Maringá – PR. Curitiba, 1988. 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 206 p.

MONTAGUE, T.; KJELGREN, R. Energy balance of six common landscape surfaces and the influence of surface properties on gas exchange of four containerized tree species. **Scientia Horticulturae**, v. 100, n. 1–4, p. 229–249, 2004.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio das dimensões e massa de folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.

MONTEIRO, M. V.; LEVANIC, T.; DOICK, K. J. Growth rates of common urban trees in five cities in Great Britain: A dendrochronological evaluation with an emphasis on the impact of climate. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 22, p. 11-23, 2017.

MORES, G. J.; STEFFEN, D. D. S.; JUNIOR, S. I.; SANSON, D.; MATA, J. B.; BOBROWSKI, R. Vigor como medida quantitativa da qualidade de árvores urbanas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 150-156, 2019.

MOSER-REISCHL, A.; RAHMAN, M. A.; PAULEIT, S.; PRETZSCH, H.; RÖTZER, T. Growth patterns and effects of urban micro-climate on two physiologically contrasting urban tree species. **Landscape and Urban Planning**, v. 183, p. 88-99, 2019.

MUELLER, E.; DAY, T. The effect of urban ground cover on microclimate, growth and leaf gas exchange of oleander in Phoenix, Arizona. **International Journal of Biometeorology**, v. 49, p. 244–255, 2005.

NAWAZ, M. F.; RASHID, M. H.; ARIF, M. Z.; SABIR, M. A.; FAROOQ, T. H.; GUL, S.; GAUTAM, N. P. Ecophysiological response of *Eucalyptus camaldulensis* to dust and lead pollution. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 51, n. 13, p. 1 – 9, 2021.

NEAL, B. A.; WHITLOW, T. H. Using tree growth rates to evaluate urban tree planting specifications. **Journal of Environmental Horticulture**, Columbus, v. 15, n. 2, p. 115-118, 1997.

NILSSON, K., RANDRUP, T. B., WANDALL, B. M. Trees in the urban environment. In: EVANS, J. (Ed.). **The Forest Handbook**. v. 1. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 347-361.

NITSCHKE, C. R.; NICHOLS, S.; ALLEN, K.; DOBBS, C.; LIVESLEY, S. J.; BAKER, P. J.; LYNCH, Y. The influence of climate and drought on urban tree growth in southeast Australia and the implications for future growth under climate change. **Landscape and Urban Planning**, v. 167, p. 275-287, 2017.

PATAKI, D.E.; ALBERTI, M.; CADENASSO, M. L.; FELSON, A. J.; MCDONNELL, M. J.; PINCETL, S., POUYAT, R. V.; SETALA, H.; WHITLOW, T. H. Urban greening needs better data. **Nature**, v. 502, p. 624, 2013.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

PRETZSCH, H.; BIBER, P.; SCHÜTZE, G.; UHL, E.; RÖTZER, T. Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. **Nature Communications**, v. 5, n. 4967, 2014.

PRETZSCH, H.; BIBER, P.; UHL, E.; DAHLHAUSEN, J.; SCHÜTZE, G.; PERKINS, D.; RÖTZER, T.; CALDENTEY, J.; KOIKE, T.; VAN CON, T.; CHAVANNE, A.; DU TOIT, B.; FOSTER, K.; LEFER, B. Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide. **Scientific Reports**, v. 7, n. 15403, p. 1-10, 2017.

QUIGLEY, M. F. Street trees and rural conspecifics: Will long-lived trees reach full size in urban conditions? **Urban Ecosystems**, Amsterdam, v. 7, n. 1, p. 29-39, 2004.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 11 jun. 2020.

RAHMAN, M. A.; MOSER, A.; RÖTZER, T.; PAULETT, S. Microclimate differences and their influence on transpirational cooling of *Tilia cordata* in two contrasting street canyons in Munich, Germany. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 232, p. 443-456, 2017.

REINEKING, B.; HUTH, A.; WISSEL, C. Generic process-based plant models for the analysis of landscape change. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL MODELLING AND SOFTWARE, 2., 2004, Osnabrück. **Proceedings**… Manno: International Environmental Modelling and Software Society, 2004. p. 887-894.

ROBERTS, B. The response of urban trees to abiotic stress. **Journal of Arboriculture**, v. 3, n. 4, p. 75–78, 1977.

ROMAN, L. A. How many trees are enough? Tree death and the urban canopy. **Scenario Journal**, Scenario 04: building the urban forest, p. 1-8, 2014.

ROMBERGER, J. A. **Meristems, growth and development in woody plants**: an analytical review of anatomical, physiological, and morphogenic aspects. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1963. 214 p.

SÆBØ, A.; BENEDIKZ, T.; RANDRUP, T. B. Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v. 2, n. 2, p. 101-114, 2003.

SALA, M. G. **Indicadores de fragilidade ambiental na Bacia do Ribeirão Maringá – PR**. Maringá, 2005. 164 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

SAMPAIO, A. C. F. **Análise da arborização de vias públicas das principais zonas do plano piloto de Maringá – PR.** Maringá, 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SAMPAIO, A. C. F.; ANGELIS, B. L. D. D. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá – PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 37-57, 2008.

SAND, E.; KONARSKA, J.; HOWE, A. W.; ANDERSSON-SKÖLD, Y.; MOLDAN, F.; PLEIJEL, H.; UDDLING, J. Effects of ground surface permeability on the growth of urban linden trees. **Urban Ecosystems**, v. 21, p. 691-696, 2018.

SANTAMOUR JUNIOR, F. S. Breeding trees for tolerance to stress factors of urban environment. In: SECOND WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 1969, Washington D.C. **Proceedings**... Rome: FAO, 1969.

SANTOS, C. Z. A.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, L. R.; SANTOS, L. I.; GOMES, S. H.; GRAÇA, D. A. S. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracajú-SE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 751-763, 2015.

SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de vias públicas**: ambiente x vegetação. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001. 135 p.

SCHRÖDER, K. Root space underneath traffic lanes. **Arboriculture Journal**, v. 31, n. 1, p. 33–43, 2008.

SEITZ, R. A. A poda de árvores urbanas. In: CURSO DE TREINAMENTO SOBRE PODA EM ESPÉCIES ARBÓREAS FLORESTAIS E DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1996, Piracicaba. **Anais**... Curitiba: FUPEF, 1996. 27 p. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/curso_arborizacao_urbana/cap07.pd

SEMENZATO, P.; CATTANEO, D.; DAINESE, M. Growth prediction for five tree species in an Italian urban forest. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v. 10, n. 3, p. 169-176, 2011.

SILVA, L. F.; LIMA, A. M. L. P.; FILHO, D. F. S.; COUTO, H. T. Z. Interceptação da chuva pelas copas das espécies de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Sibipiruna) e *Tipuana tipu* O. Kuntze (Tipuana) em arborização urbana. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 307-315, 2008.

STANLEY, C. H.; HELLETSGRUBER, C.; HOF, A. Mutual influences of urban microclimate and urban trees: an investigation of phenology and cooling capacity. **Forests**, v. 10, n. 533, p. 1-12, 2019.

TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. A tipologia pluviométrica e dos impactos urbanos: um instrumento de previsibilidade aplicado na cidade de Maringá – PR. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 31, n. 1, p. 163-182, 2009.

THIMANN, K. V. The auxins. In: WILKINS, M. B. (Ed.). **The physiology of plant growth and development**. 1 ed. New York: McGraw-Hill, 1969. p. 3-45.

URTADO, M. C.; BORGIANNI, R. B. **Manual técnico de poda de árvores**. São Paulo: Secretaria do verde e do meio ambiente, 2005. 31p.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679-686, 2006.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S.** 4 ed. New York: Springer, 2002. 512 p.

ZIPPER, S. C.; SCHATZ, J.; SINGH, A.; KUCHARIK, C. J.; TOWNSEND, P. A.; LOHEIDE II, S. P. Urban heat island impacts on plant phenology: Intra-urban variability and response to land cover. **Environmental Research Letters**, v. 11, p. 1–12, 2016.