

**Influência das variáveis climáticas no incremento diamétrico de *Bauhinia forficata* Link,
Mimosa scabrella Benth. e *Schinus terebinthifolius* Raddi**

**Influence of climate variables on the diametric increment of *Bauhinia forficata* Link,
Mimosa scabrella Benth. and *Schinus terebinthifolius* Raddi**

**Influencia de variables climáticas en el incremento diamétrico de *Bauhinia forficata*
Link, *Mimosa scabrella* Benth. e *Schinus terebinthifolius* Raddi**

Recebido: 19/02/2020 | Revisado: 02/03/2020 | Aceito: 16/03/2020 | Publicado: 23/03/2020

Iris Cristina Bertolini

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0765-2955>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: iris_cristinabertolini@hotmail.com

Luciano Farinha Watzlawick

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9944-7408>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: farinha@unicentro.br

Talyta Mytsuy Zanardini Galeski Sens

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0028-482X>

Universidade Federal do Paraná, Brasil

E-mail: talytagaleski@hotmail.com

Ana Paula Vantroba

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9842-0294>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: apvantroba@gmail.com

Jaqueline Aparecida Schran

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0971-0116>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: jaqschran@gmail.com

Cristiano André Pott

ORCID: <http://orcid.org/00-0002-4630-2659>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: cristiano.pott@hotmail.com

Resumo

Este trabalho verificou a influência das variáveis climáticas no incremento diamétrico das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi., *Mimosa scabrella* Benth. e *Bauhinia forficata* Link em uma floresta em processo de recuperação implantada no ano de 2007, em Guarapuava, Paraná. Foram amostradas 43 árvores da espécie *S. terebinthifolius*, 38 da espécie *M. scabrella* e 30 da espécie *B. forficata*. Foram retiradas duas amostras de cada árvore, os anéis de crescimento foram marcados e mensurados com o *Software Image J*, as medidas foram submetidas ao controle de qualidade com o *Software Cofecha* e as cronologias geradas com o *Software Arstan*. As variáveis climáticas foram evaporação, insolação, precipitação anual (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C) e umidade relativa, obtidas para o período de 2007 a 2018, disponibilizados pela estação meteorológica da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava – PR. Foi utilizada a Correlação de Pearson, a análise fatorial e de componentes principais para verificar a relação entre as variáveis climáticas e o incremento. Os resultados mostraram correlação significativa positiva do incremento em diâmetro da espécie *B. forficata* e *S. terebinthifolius* com as variáveis evaporação, precipitação, temperatura máxima, média e mínima e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa. A espécie *M. scabrella* apresentou correlação significativa positiva com as variáveis evaporação, precipitação e temperatura mínima, e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa e não apresentou correlação significativa com as variáveis temperatura máxima e média. Os anos característicos de altos e baixos crescimentos são os mesmos para as três espécies, que demonstraram alta correlação entre as cronologias e alta sensibilidade aos fatores climáticos. As variáveis precipitação e temperatura influenciaram no crescimento das espécies. O incremento médio do diâmetro para *M. scabrella* foi 1,51 cm.ano⁻¹, 1,09 cm.ano⁻¹ para *S. terebinthifolius* e 0,73 cm.ano⁻¹ para *B. forficata*. Devido às condições da área de estudo em função das ações antrópicas, recomenda-se ações como isolamento físico da mesma, de modo que se favoreça a manutenção dos processos ecológicos naturais da floresta. Estudos sobre a dendrocronologia de árvores que foram implantadas em ambientes degradados e submetidos à recuperação são necessários para compreender a relação do crescimento das espécies florestais com os fatores climáticos e a sua importância para a manutenção das funções ecológicas no local.

Palavras-chave: Fatores climáticos; Anéis de crescimento; Dendrocronologia.

Abstract

This work verified the influence of climatic variables on the diametric increase of forest species *Schinus terebinthifolius* Raddi., *Mimosa scabrella* Benth. and *Bauhinia forficata* Link in a forest undergoing recovery in 2007, in Guarapuava, Paraná. 43 trees of the species *S. terebinthifolius*, 38 of the species *M. scabrella* and 30 of the species *B. forficata* were sampled. Two samples were taken from each tree, the growth rings were marked and measured with the *Image J Software*, the

measurements were subjected to quality control with the Cofecha Software and the timelines generated with the Arstan Software. The climatic variables were evaporation, insolation, annual precipitation (mm), maximum, average and minimum temperature (°C) and relative humidity, obtained for the period from 2007 to 2018, made available by the meteorological station of the Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava - PR. Pearson's Correlation, factor analysis and main components were used to verify the relationship between climatic variables and increment. The results showed a significant positive correlation of the increase in diameter of the species *B. forficata* and *S. terebinthifolius* with the variables evaporation, precipitation, maximum, average and minimum temperature and negative with the variables insolation and relative humidity. The species *M. scabrella* presented a significant positive correlation with the variables evaporation, precipitation and minimum temperature, and a negative one with the variables insolation and relative humidity and did not present a significant correlation with the variables maximum and average temperature. The characteristic years of high and low growth are the same for the three species, which showed a high correlation between chronologies and high sensitivity to climatic factors. The variables precipitation and temperature influenced the growth of the species. The average increase in diameter for *M. scabrella* was 1.51 cm.year⁻¹, 1.09 cm.year⁻¹ for *S. terebinthifolius* and 0.73 cm.year⁻¹ for *B. forficata*. Due to the conditions of the study area due to anthropic actions, actions such as physical isolation are recommended, so that the maintenance of the natural ecological processes of the forest is favored. Studies on the dendrochronology of trees that were implanted in degraded environments and submitted to recovery are necessary to understand the relationship between the growth of forest species and climatic factors and its importance for the maintenance of ecological functions in the place.

Keywords: Climatic factors; Growth rings; Dendrochronology.

Resumen

Este trabajo verificó la influencia de las variables climáticas en el aumento diametral de las especies forestales *Schinus terebinthifolius* Raddi., *Mimosa scabrella* Benth. y *Bauhinia forficata* Link en un bosque en recuperación en 2007, en Guarapuava, Paraná. Se tomaron muestras de 43 árboles de la especie *S. terebinthifolius*, 38 de las especies *M. scabrella* y 30 de las especies *B. forficata*. Se tomaron dos muestras de cada árbol, los anillos de crecimiento se marcaron y midieron con el software Image J, las mediciones se sometieron a control de calidad con el software Cofecha y los plazos generados con el software Arstan. Las variables climáticas fueron evaporación, insolación, precipitación anual (mm), temperatura máxima, media y mínima (°C) y humedad relativa, obtenidas para el período 2007-2018, puesta a disposición por la estación meteorológica de la Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava - PR. La correlación de Pearson, el análisis factorial y los componentes principales se utilizaron para verificar la relación entre las variables climáticas y el incremento. Los resultados mostraron una correlación positiva significativa del

aumento en el diámetro de las especies *B. forficata* y *S. terebinthifolius* con las variables evaporación, precipitación, temperatura máxima, media y mínima y negativas con las variables insolación y humedad relativa. La especie *M. scabrella* presentó una correlación positiva significativa con las variables evaporación, precipitación y temperatura mínima, y una negativa con las variables insolación y humedad relativa y no presentó una correlación significativa con las variables temperatura máxima y media. Los años característicos de crecimiento alto y bajo son los mismos para las tres especies, que mostraron una alta correlación entre las cronologías y una alta sensibilidad a los factores climáticos. Las variables precipitación y temperatura influyeron en el crecimiento de la especie. El aumento promedio en el diámetro de *M. scabrella* fue de 1.51 cm. Año⁻¹, 1.09 cm. Año⁻¹ para *S. terebinthifolius* y 0.73 cm. Año⁻¹ para *B. forficata*. Debido a las condiciones del área de estudio debido a acciones antrópicas, se recomiendan acciones como el aislamiento físico, para favorecer el mantenimiento de los procesos ecológicos naturales del bosque. Los estudios sobre la dendrocronología de los árboles que fueron implantados en ambientes degradados y sometidos a recuperación son necesarios para comprender la relación entre el crecimiento de las especies forestales y los factores climáticos y su importancia para el mantenimiento de las funciones ecológicas en el lugar.

Palabras clave: Factores climáticos; Anillos de crecimiento; Dendrocronología

1. Introdução

Áreas que passaram pelo processo de degradação, tendem a responder e interferir no crescimento das árvores, uma vez que o ambiente foi perturbado e teve suas características alteradas. As espécies com anéis visíveis como é o caso da *Bauhinia forficata* Link., *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Mimosa scabrella* Benth., tornam possível os estudos e análises do crescimento principalmente diamétrico, de como as espécies respondem aos fatores climáticos e a competição.

Nesse sentido, é de suma importância o conhecimento do efeito do ambiente, do clima e das características pedológicas na compreensão da ecologia das espécies florestais em um determinado ambiente (Souza et al., 2017).

A técnica denominada de análise de tronco, é um método retrospectivo que analisa e determina o crescimento da árvore, seja em altura, diâmetro e volume, baseados na datação dos anéis anuais de crescimento, sendo possível realizar outros estudos na dendroclimatologia e na dendroecologia. As técnicas para a análise de tronco, seja parcial ou total, permitem recompor o crescimento passado das árvores com eficiência e simplicidade.

A dendroclimatologia se refere ao estudo da interpretação das relações do crescimento

da árvore com os fatores climáticos, pois os anéis de crescimento das árvores nos permitem estudar a variabilidade do crescimento num determinado ano e sua resposta à variabilidade climática.

Sobre a dendrocronologia de *Bauhinia forficata* Link., não foram encontrados estudos referentes, para *Schinus terebinthifolius* Raddi., Kanieski et al. (2017), estudaram a influência da precipitação no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR em indivíduos presentes no dossel e sub-dossel da floresta, e obtiveram como resultados para esta espécie, que o crescimento foi constante no período de um ano de avaliação, e que obteve crescimento levemente superior nos meses de janeiro a maio nos indivíduos do dossel. Para a *Mimosa scabrella* Benth., alguns autores estudaram o crescimento em diâmetro em povoamentos naturais, como Bamberg (2014), Amaral Machado et al. (2015), Da Silva et al. (2016).

Tendo em vista a importância da recuperação de áreas degradadas, visando a diversidade, a manutenção ecológica, a perpetuação das espécies e principalmente que essas áreas sirvam de fonte de alimento e refúgio para a fauna local, a escolha das espécies se deu em função do maior valor de importância obtido para estas três espécies, também pela presença de anéis de crescimento anuais, por serem espécies muito utilizadas na recuperação de áreas degradadas e pela plasticidade das espécies com ampla distribuição na região sul do Brasil.

Estudos sobre a dendrocronologia de árvores que foram implantadas em ambientes degradados e submetidos à recuperação são escassos, porém são necessários para compreender a relação do crescimento das espécies florestais com os fatores climáticos e a sua importância para a manutenção das funções ecológicas no local. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento das espécies *Bauhinia forficata*, *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolius* em uma área de recuperação florestal e a correlação desde com as variáveis climáticas.

2. Metodologia

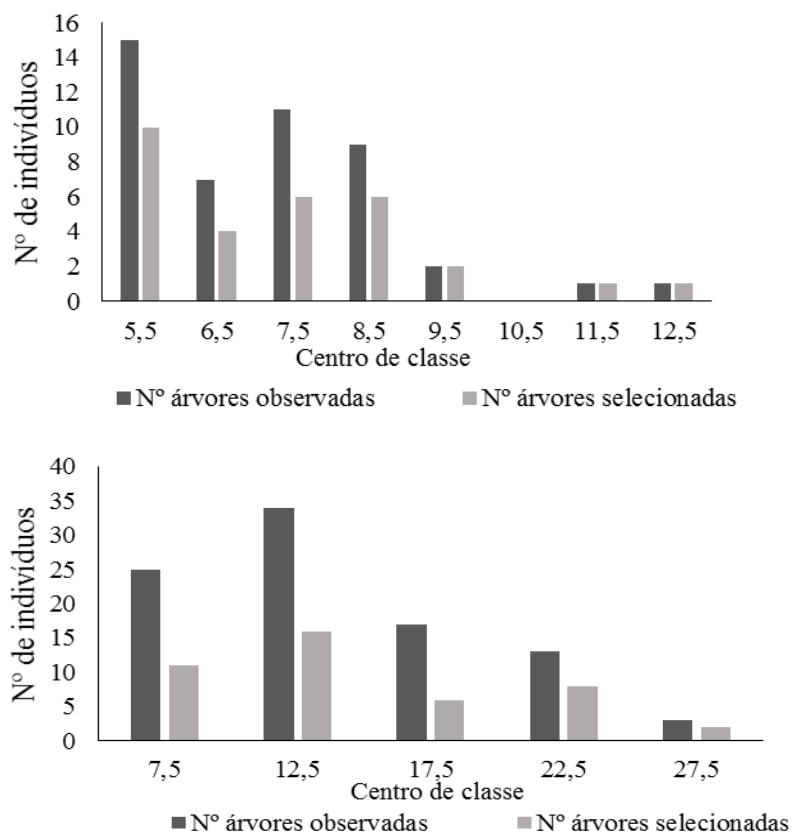
O estudo foi desenvolvido em área de floresta em processo de recuperação, que pertence à Universidade Estadual do Centro-Oeste, em Guarapuava – PR, está situada a 1033 metros em relação ao nível do mar, e está situada entre as coordenadas geográficas 25°23'15" S e 51°29'24" W. A floresta em estudo se encontra em processo de recuperação, com 10 anos e área de aproximadamente um ha, tendo histórico de uso e ocupação do solo por pastagem, sendo que em 2007, em função do alto grau de degradação foi realizado o plantio de espécies

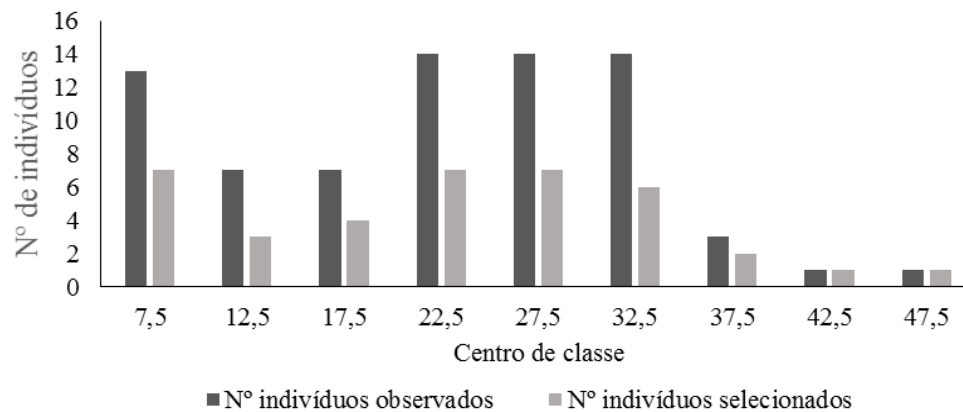
florestais nativas, deixando que a regeneração natural se desenvolvesse.

A amostragem foi realizada a partir do censo florestal todos os indivíduos no estrato arbóreo, foram mensurados, identificados taxonomicamente e com uma placa de alumínio numerada, contemplando todos os indivíduos com $DAP \geq 5,0$ cm. A medida do CAP foi realizada com o auxílio de uma fita métrica e posteriormente convertida em DAP. Para os indivíduos com ramificação abaixo de 1,3 m foi adotado o método do diâmetro médio quadrático, obtido por meio da raiz da soma dos quadrados dos diâmetros.

Para a seleção das espécies para o estudo dendrocronológico, a escolha das árvores se deu em função da presença de anéis de crescimento anuais, por serem espécies importantes para a recuperação de áreas degradadas e pela plasticidade que as espécies apresentam com ampla distribuição. Os indivíduos foram amostrados de acordo com a quantidade de cada espécie e em função da classificação diamétrica de cada espécie, seguindo o critério de que pelo menos um indivíduo fosse amostrado em cada classe de diâmetro (Figura 1).

Figura 1. Classe diamétrica dos indivíduos observados e indivíduos selecionados (A) *B. forficata*. (B) *S. terebinthifolius* e (C) *M. scabrella*





A coleta das amostras foi realizada com o uso de técnica não destrutiva, também chamada de Análise de Tronco Parcial, que utiliza o trado de *Pressler* de 5 mm e 40 cm de comprimento, que é introduzido no tronco, perpendicularmente ao eixo vertical da árvore (em direção à medula). Para cada árvore, foi coletado dois rolos de incremento sempre no sentido Norte-Oeste (formando um ângulo de 90 graus entre as amostras coletadas), na altura de 0,1 m do solo, pois muitas árvores da espécie aroeira vermelha apresentavam bifurcação na medida de 1,3 m.

Os rolos de incremento, passaram pela secagem natural em temperatura ambiente, e então foram coladas em suporte de madeira “porta rolos” e cuidadosamente polidas com lixas de madeira de textura mais grossa a gradativamente mais fina (80, 120, 180, 280, 400 e 600), para evidenciar os limites das camadas de crescimento. As medições dos anéis de crescimento foram realizadas com o uso de imagens das amostras escaneadas com o *scanner* HP Scanjet 4050, com resolução de 1200 ppi, e com o programa de domínio público *ImageJ* 2.0, previamente calibrado com régua milimetrada. As medições foram padronizadas do sentido da medula para a casca, e após os dados foram exportados para o programa *Microsoft Excel* 2016.

As medidas dos anéis anuais de crescimento, das duas amostras de cada árvore, foram submetidas a datação cruzada, para verificar a presença ou a ausência de anéis falsos. O *software* Cofecha tem a função de verificar por meio da datação cruzada, a ausência e possíveis problemas de marcação dos anéis de crescimento, e tem sido muito utilizado para os estudos dendrocronológicos.

Após a datação cruzada entre as amostras da mesma árvore, foi realizada a datação entre as árvores para verificar a correlação do crescimento das séries nos anos estudados, gerando um modelo chamado de série máster, que é usado para verificar por meio da correlação de Pearson, se há uma correlação significativa com os dados reais. As árvores que

não apresentaram correlação significativa foram excluídas.

Após a verificação das datações cruzadas significativas, foi construída a cronologia *Standard* com auxílio do programa Arstan, que tem a função de formar a cronologia considerando o ano e o crescimento, por meio de uma função de regressão a qual permite a comparação do crescimento da espécie com os dados meteorológicos.

O incremento corrente anual em diâmetro (ICA_d), foi obtido por meio das medidas dos anéis, em que a medida da largura de cada anel é o próprio incremento corrente anual do raio, e que multiplicado por 2, têm-se o incremento corrente anual do diâmetro. As variáveis de clima, como a temperatura máxima, mínima e média, evaporação, insolação, precipitação total anual e umidade relativa, foram relacionados com a variável de incremento em diâmetro de cada espécie estudada, obtida pela série *Standard* gerada pelo *software* Arstan, por meio da correlação linear de Pearson, com nível de significância a 5 e 1% de probabilidade, pelo *Software* IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão teste.

As variáveis climáticas foram obtidas para o período de 2007 a 2018, disponibilizados pela estação meteorológica da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava – PR. Os dados climáticos foram organizados de maneira a sincronizar com o início do crescimento da planta, que é dado no início da primavera. As variáveis foram evaporação (mm.dia^{-1}), insolação (horas.dia), precipitação anual (mm), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$), temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa ($\text{g.H}_2\text{O.m}^3$).

As variáveis estudadas neste trabalho foram submetidas a padronização para a realização da análise fatorial (AF) e da análise dos componentes principais. Os valores do incremento diamétrico das espécies e os valores climáticos foram submetidos à análise estatística multivariada. Foi utilizada a análise fatorial (AF), com o intuito de eliminar as variáveis que não possuíram influência bem definida em apenas um fator de extração, por meio do *Software* IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão teste para a análise fatorial.

Foi realizada a análise dos componentes principais (PCA), que tem como objetivo explicar a estrutura de variância e de covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, através de combinações lineares das variáveis originais. Por meio da redução dos dados originais, com o intuito de explicar a maior parte da variância dos dados a partir de um número menor de componentes não correlacionados. Além de permitir a identificação de grupos de variáveis ou indivíduos que estão inter-relacionados, resultando em uma representação das combinações específicas de várias características para cada unidade amostral.

3. Resultados e Discussões

O número de amostras e árvores coletadas das espécies bem como os valores do diâmetro médio, mínimo e máximo podem ser observados na Tabela 1. Ao todo foram amostradas 111 árvores distribuídas nas três espécies, foram coletadas 222 amostras, sendo 60 amostras para a *B. forficata*, 86 amostras para *S. terebinthifolius* e 76 amostras para a *M. scabrella*. Observa-se que os valores obtidos para o diâmetro médio para as três espécies variaram de 7,3 cm para a *B. forficata*, 13,6 cm para a *S. terebinthifolius* e 24 cm para a *M. scabrella*.

Tabela 1. Valores do diâmetro médio, mínimo e máximo para as espécies estudadas, Guarapuava – PR.

Espécie	NA	Nº árvores	Dap (cm) com casca			Desv. Pad.	CV %
			Médio	Mínimo	Máximo		
<i>B. forficata</i>	60	30	7,3	5,0	12,8	1,89	25,8
<i>S. terebinthifolius</i>	86	43	14,6	5,3	28,7	5,98	41,1
<i>M. scabrella</i>	76	38	24	5,6	47,7	10,8	47,3
Total ou média	222	111	14,9	5,3	29,7	6,2	38,1

NA: Número de amostras coletadas para cada espécie em cada tratamento; Desv. Pad.: Desvio Padrão; CV %: Coeficiente de variação.

Em um trabalho com a evolução estrutural dos bracatingais nativos Da Silva et al. (2016) observaram que o diâmetro médio à altura do peito aos 13 anos foi 14,2 cm quando comparado a esse estudo (Dap médio de 24 cm aos 11 anos) esse valor é menor, fato atribuído a densidade do povoamento, pois nos bracatingais nativos a competição por espaço é maior. Ainda nesse mesmo estudo o diâmetro médio para as demais espécies encontradas na regeneração do bracatingal foi 7,0 cm valor semelhante ao encontrado para a espécie pata de vaca (7,3 cm).

Os valores do incremento em diâmetro (cm) foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk e Lilliefors, com nível de significância

de 5%, e em todos os testes realizados mostram p -valor $> \alpha$ atestando a normalidade dos dados.

Os valores da média do incremento médio em diâmetro (ICA) para cada espécie, bem como os valores do desvio padrão e coeficiente de variação, para o período de 2007 a 2018, estão na Tabela 2.

Tabela 2. Média, desvio padrão e coeficiente de variação dos incrementos em diâmetro das espécies *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*, Guarapuava – PR.

Espécie	ICA (cm)	s (cm)	CV (%)
<i>B. forficata</i>	0,7312	0,1331	17,91
<i>S. terebinthifolius</i>	1,0988	0,3596	32,62
<i>M. scabrella</i>	1,5178	0,6616	43,35

S= Desvio padrão; CV (%)= coeficiente de variação.

A espécie bracatinga apresentou a maior média de incremento (1,51 cm.ano⁻¹) quando comparada a pata de vaca (0,73 cm.ano⁻¹), esse valor para o crescimento já era esperado, pois a bracatinga é uma espécie de crescimento rápido, característica de espécie pioneira.

Para gerar a série master do Cofecha, foram utilizadas apenas as amostras das árvores com correlação significativa, ou seja, aquelas com valores acima do limite crítico de 0,3281 a 1% de probabilidade. Das 30 árvores amostradas para a espécie *B. forficata*, apenas 17 foram utilizadas para gerar a série, para a espécie *S. terebinthifolius*, das 43 árvores amostradas foram aproveitadas apenas 22 e das 38 árvores amostradas da espécie *M. scabrella*, apenas 27 foram utilizadas para a geração da série máster do Cofecha. As informações da estatística descritiva sobre a cronologia das três espécies estão na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição estatística da datação-cruzada dos anéis de crescimento dos indivíduos de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*, em área de recuperação florestal, Guarapuava – PR.

Descrição	Espécie		
	<i>B. forficata</i>	<i>S. terebinthifolius</i>	<i>M. scabrella</i>
Nº de árvores	17	22	27
Período avaliado	2005 - 2017	2003 - 2017	2003 - 2017
Nº de anéis checados	211	289	360
Correlação entre as séries	0,401 *	0,440 *	0,471 *
Sensibilidade média	0,326	0,308	0,350
Comprimento médio das séries	12,4	13,2	13,4

* Significância a 1% na correlação de Pearson.

O período avaliado variou de 2005 a 2017 para a espécie *B. forficata*, e de 2003 a 2017 para as espécies *S. terebinthifolius* e *M. scabrella*. Salienta-se que para as espécies estudadas não foram encontrados valores para a correlação entre as séries, nem para a sensibilidade média.

A intercorrelação entre as séries variou de 0,40 para *B. forficata*, 0,44 para *S. terebinthifolius* e 0,47 para *M. scabrella*, esses valores são considerados de alta intercorrelação e mostram o potencial das espécies para estudos dendrocronológicos. Segundo Grissino-Mayer (2001), a correlação para as espécies de clima tropical, com anéis não tão distintos e valores menores que 0,5 são considerados de alta correlação, e ainda podem variar de acordo com a espécie, sítio, competição e com fatores que podem causar estresse na planta.

Os valores para a sensibilidade média variaram de 0,326 para *B. forficata*, 0,308 para *S. terebinthifolius* e 0,35 para *M. scabrella*, e mostram as variações da largura dos anéis entre um ano em outro, e está diretamente relacionada às condições do ambiente ao qual a

árvore está inserida, os valores encontrados acima de 0,3 mostram que as espécies têm alta sensibilidade às variações climáticas e do ambiente (GRISSINO-MAYER, 2001).

Figueiredo Filho et al. (2017) estudaram o crescimento e a idade das espécies nativas regenerantes (*C. fissilis*, *C. scabra*, *I. paraguariensis*, *O. puberula* e *A. angustifolia*) na Flona de Irati, PR, encontraram valores de intercorrelação 0,307; 0,311; 0,367; 0,241 e 0,403, respectivamente, e sensibilidade média de 0,365; 0,298; 0,302; 0,328 e 0,305, respectivamente.

Os resultados obtidos dos anéis de crescimento foram relacionados com os dados climáticos da estação meteorológica próxima do local de estudo, por meio da correlação linear de Pearson, a 5 e 1% de probabilidade. Na Figura 2, podem ser visualizados os registros das médias anuais para as variáveis: temperatura (média, máxima e mínima), precipitação total anual, para o período estudado entre agosto de 2006 a agosto de 2017.

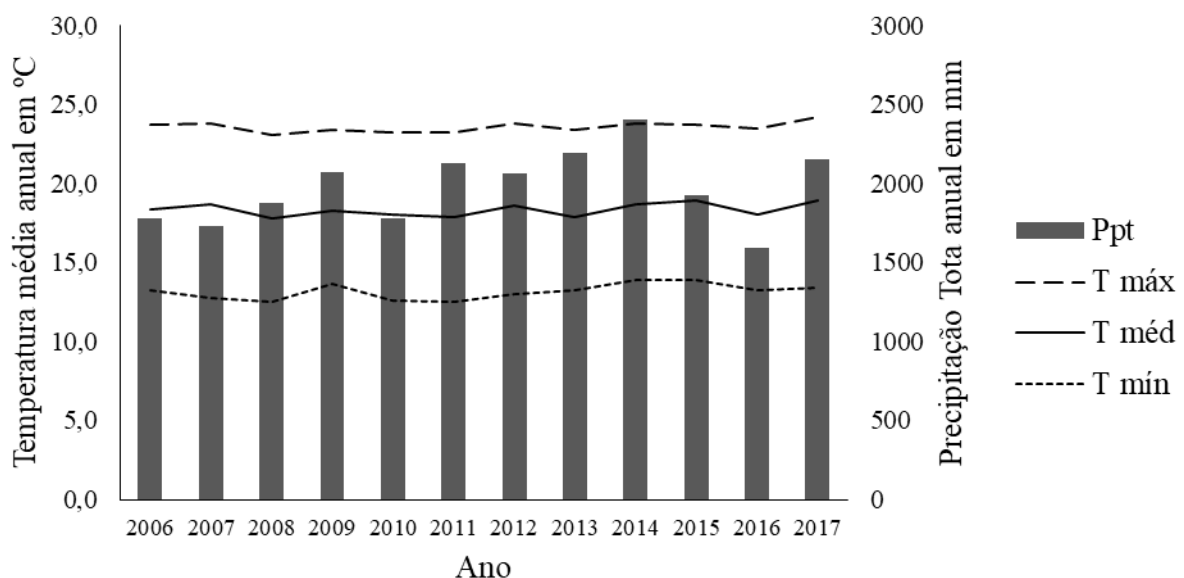


Figura 2. Registro das variáveis climáticas temperatura média, máxima e mínima e precipitação total anual, Guarapuava – PR.

Observa-se que o ano de maior precipitação foi em 2014 com 2408,5 mm e o ano de menor precipitação foi em 2016 com 1596,1 mm. Em relação à temperatura média máxima obtida foi de 24,2 °C foi observada no ano de 2017. E a temperatura média mínima foi de 12,5 °C no ano de 2011. Na Figura 3 A, mostra a série master gerada pelo Cofecha, para os dados de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* elaboradas a partir das séries significativas e

a Figura 3 B, mostra a série *Standard* gerada pelo Arstan e correlacionada com a variável precipitação total anual.

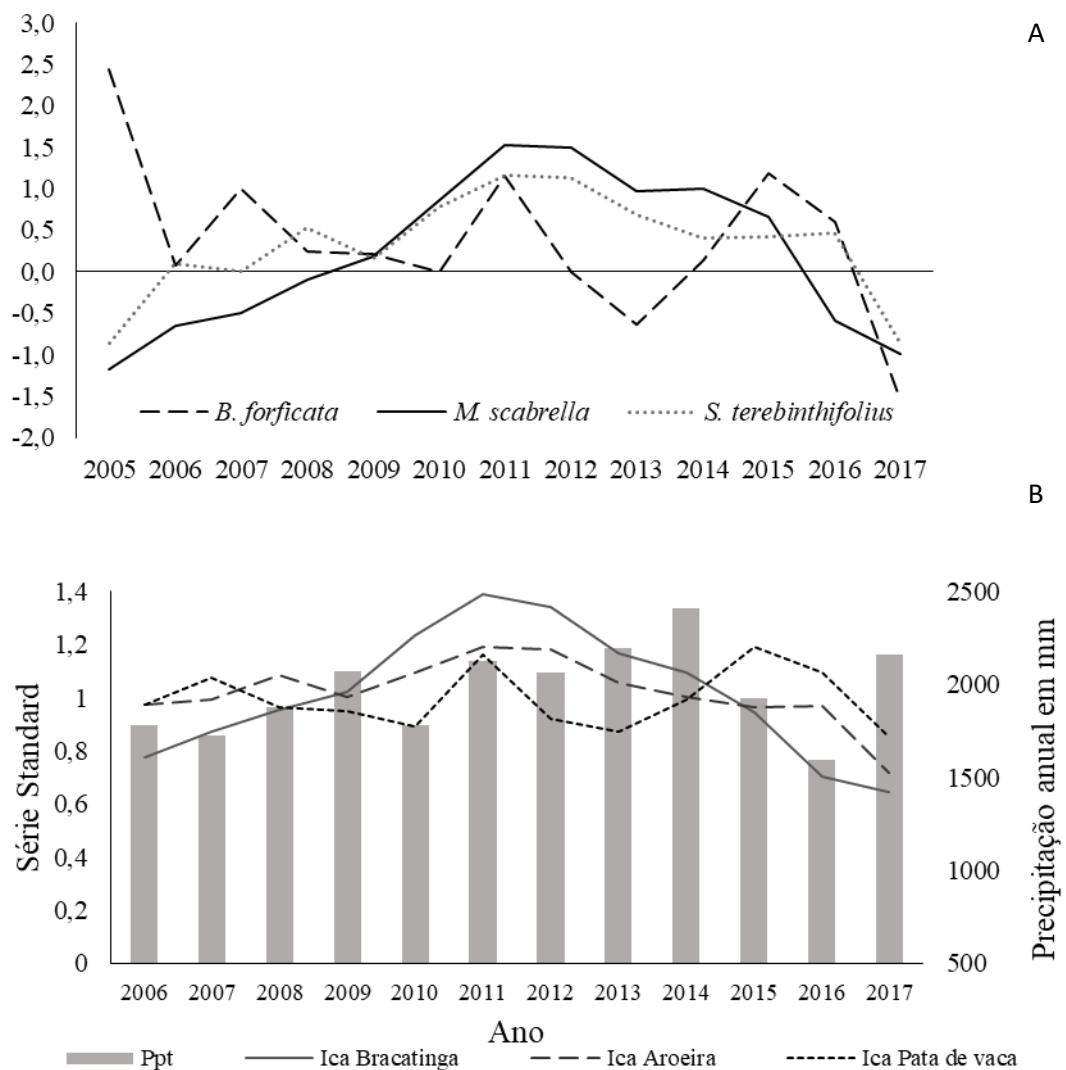


Figura 3. Série master de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* (A), série *Standard* gerada pelo Arstan (B) correlacionada com a precipitação anual (mm), amostradas em uma área de recuperação florestal em Guarapuava.

Nota-se que as espécies apresentaram comportamento semelhante, os maiores valores de incremento foram observados no ano de 2011, importante observar que a precipitação para este ano é considerada alta (acima de 2.000 mm) e em relação a temperatura média e mínima esses valores foram menores que os outros anos. No entanto, no ano de 2013 e de 2017, as espécies apresentaram um baixo incremento mesmo com a precipitação acima de 2.000 mm, porém esses valores de precipitação se mostraram mais concentrados em alguns meses do

ano, enquanto em outros meses a precipitação foi drasticamente reduzida, levando a planta aos extremos, causando provavelmente estresse hídrico seguido de período de seca.

É importante salientar que as espécies não apresentaram comportamento padrão ao longo dos anos, a bracatinga foi a espécie que apresentou maior variação de incremento, e que após 10 anos implantada no campo ela encontra-se em declínio, pois é uma espécie pioneira e de ciclo curto, indicando que não só as variáveis climáticas interferem no seu desenvolvimento assim como outras variáveis podem influenciar no crescimento.

A correlação das variáveis ambientais (temperatura média, máxima, mínima, precipitação anual, evaporação, insolação e umidade relativa) com a média do crescimento em diâmetro da espécie *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* no local de estudo, estão na Tabela 4.

Tabela 4. Correlação do incremento de *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* com as variáveis climáticas, Guarapuava – PR, 2019. Eva: evaporação (mm.dia⁻¹); Ins: insolação (horas.dia); Ppt: precipitação anual (mm); Tmed: temperatura média (°C); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); UR: umidade relativa (g.H₂O.m³).

Espécie	Eva	Ins	Ppt	Tmed	Tmax	Tmin	UR
<i>B. forficata</i>	0,52**	-0,34**	0,15**	0,20**	0,19**	0,31**	-0,48**
<i>S. terebinthifolius</i>	0,39**	-0,28**	0,18**	0,45**	0,13**	0,25**	-0,40**
<i>M. Scabrella</i>	0,26**	-0,24**	0,25**	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,18**	-0,30**

** Correlação significativa a 1%. ^{ns}: não significativo.

O incremento em diâmetro das espécies *B. forficata* e *S. terebinthifolius*, apresentou correlação significativa positiva a 1% de probabilidade com as variáveis evaporação, precipitação, temperatura média, máxima e mínima, e negativa com as variáveis insolação e umidade relativa.

A espécie *M. Scabrella* teve correlação positiva a 1% de probabilidade do incremento com as variáveis insolação, precipitação e temperatura mínima, e negativa com as variáveis

insolação e umidade relativa. E não apresentou correlação significativa com as variáveis temperatura média e máxima.

Em um estudo de dendrocronologia de *Gymnanthes klotzschiana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs e *Hovenia dulcis* Thunb., Kanieski et al. (2017) em uma área degradada pelo derramamento de óleo, na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, avaliaram as árvores sob duas condições de saturação hídrica permanente e temporária, e obtiveram resultados que demonstraram padrão de crescimento semelhante para o branquilha, com tendência a diminuição ao longo dos anos, diferente da espécie exótica, com tendência de aumento do incremento ao longo dos anos. Ainda mostraram que as taxas de incremento foram menores após o ano do derramamento, e que o alagamento da área como tentativa de descontaminação afetou o crescimento dos indivíduos.

Cusatis, Trazzi e Higa (2013) estudaram a dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista e constataram que as variáveis climáticas e o crescimento radial não apresentaram resultados significativos, apenas a umidade relativa do ar foi significativa e inversamente proporcional ao crescimento radial.

Para comprovar a influência das variáveis climáticas no crescimento das árvores, foi realizada a análise fatorial (AF) para cada espécie com as 7 variáveis climáticas, sendo evaporação (Eva), insolação (Ins), precipitação (Ppt), temperatura média (Tmed), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa (UR) e o incremento das três espécies estudadas.

A análise fatorial (AF 1), foi realizada individualmente para cada espécie, obteve-se a medida de adequação da amostra medida pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de 0,45 para as três espécies, após analisar os dados verificou-se que a variável umidade relativa não apresentou peso importante no conjunto de dados, sendo excluída da análise fatorial.

A AF 2 foi realizada novamente levando em consideração as demais variáveis climáticas e obteve valor de KMO de 0,52 para a espécie *S. terebinthifolius*, de 0,54 para a *M. scabrella* e 0,51 para a *B. forficata*, o teste de esfericidade de Bartlett obteve valor de p (sig) 0,00 indicando que os dados atendem aos requisitos de adequabilidade da amostra para este tipo de análise.

Na análise fatorial, as comunalidades se referem a parcela explicada pelos fatores comuns, estes valores podem variar de 0 a 1, sendo que os valores próximos de 0 indicam que

os fatores comuns não explicam a variância e valores próximos de 1 indicam que as variâncias são explicadas pelos fatores comuns (HAIR et al., 1998). Os valores das comunalidades para cada variável climática e do incremento em diâmetro para a espécie *S. terebinthifolius*, *M. scabrella* e *B. forficata*, estão na Tabela 5.

Tabela 5. Valores das comunalidades na análise fatorial para as espécies *S. terebinthifolius*, *M. scabrella* e *B. forficata* e as variáveis climáticas, Guarapuava – PR.

Variáveis climáticas	Comunalidades		
	<i>S. terebinthifolius</i>	<i>M. scabrella</i>	<i>B. forficata</i>
Evaporação	0,81	0,83	0,83
Insolação	0,76	0,75	0,78
Temperatura média	0,92	0,87	0,94
Temperatura máxima	0,85	0,83	0,89
Temperatura mínima	0,84	0,82	0,84
Precipitação	0,86	0,88	0,83
Incremento <i>S. terebinthifolius</i>	0,67	-	-
Incremento <i>M. scabrella</i>	-	0,66	-
Incremento <i>B. forficata</i>	-	-	0,69

Com base nos resultados obtidos nas comunalidades, a variável que mais influenciou no crescimento da espécie *S. terebinthifolius* foi a temperatura média, seguida da precipitação e das temperaturas máxima e mínima. Enquanto que para a espécie *M. scabrella* foi a variável precipitação, seguida da temperatura máxima e da evaporação, e para a espécie *B. forficata* as variáveis de temperatura média, temperatura máxima e precipitação que influenciaram no crescimento.

Nota-se ainda que a variável insolação obteve valores baixos para as três espécies, sendo 0,75 para *M. scabrella*, 0,76 para *S. terebinthifolius* e 0,78 para *B. forficata*, o que pode ser explicado pela fisiologia da planta: árvores mais velhas como é o caso da *M. scabrella* que já se encontram em fase de senescência na floresta, e que provavelmente têm a taxa de crescimento já estabilizada, enquanto que para as espécies mais jovens estas sim necessitam de insolação para continuar o seu desenvolvimento, como é o caso da *B. forficata*.

Para determinar o número de componentes principais, nota-se que para as três espécies os três primeiros PCs gerados a partir desta análise, os autovalores ($\lambda_i > 1$) apresentam valor maior que 1 (KAISER, 1958) e foram responsáveis por mais de 80% da variância total do conjunto de dados, então os três PCs foram retidos, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6. Componentes principais (PCs), respectivos autovalores (λ_i), porcentagens da variância explicada e proporção acumulada em cada componente.

Espécie	Componente Principal	Autovalores	Proporção da variância	Proporção acumulada (%)
<i>S. terebinthifolius</i>	PC 1	3,418	48,832	48,832
	PC 2	1,146	16,374	65,205
	PC 3	1,140	16,288	81,493
<i>M. scabrella</i>	PC 1	3,369	48,134	48,134
	PC 2	1,234	17,626	65,760
	PC 3	1,046	14,940	80,700
<i>B. forficata</i>	PC 1	3,497	49,957	49,957
	PC 2	1,196	17,092	67,048
	PC 3	1,098	15,685	82,733

Para *S. terebinthifolius* a técnica dos componentes principais, mostrou que os dados foram agrupados em três componentes principais, responsáveis por 81,49% da variação total,

sobre o incremento em diâmetro. Sendo que o primeiro componente principal (PC 1) foi responsável por 48,8% da variância total.

Para *M. scabrella* a análise de componentes principais agrupou o conjunto de dados em três componentes, sendo que o primeiro PC foi responsável por explicar 48,1% da variância total, e juntos somaram 80,7% da variância total. E para *B. forficata* o PC 1 foi responsável por responder 49,9 % da variância dos dados, e no total as três componentes foram responsáveis por 82,7% da variância total. De acordo com Rencher (2002), a obtenção de 80% da variância total explicada pelos dados é um valor considerado adequado para a extração dos componentes.

Na figura 4, mostra como os dados foram agrupados pelas componentes principais, em função dos escores de cada variável, é possível perceber quais as variáveis que estão correlacionadas e que influenciam no crescimento das espécies *S. terebinthifolius*, *M. scabrella* e *B. forficata*.

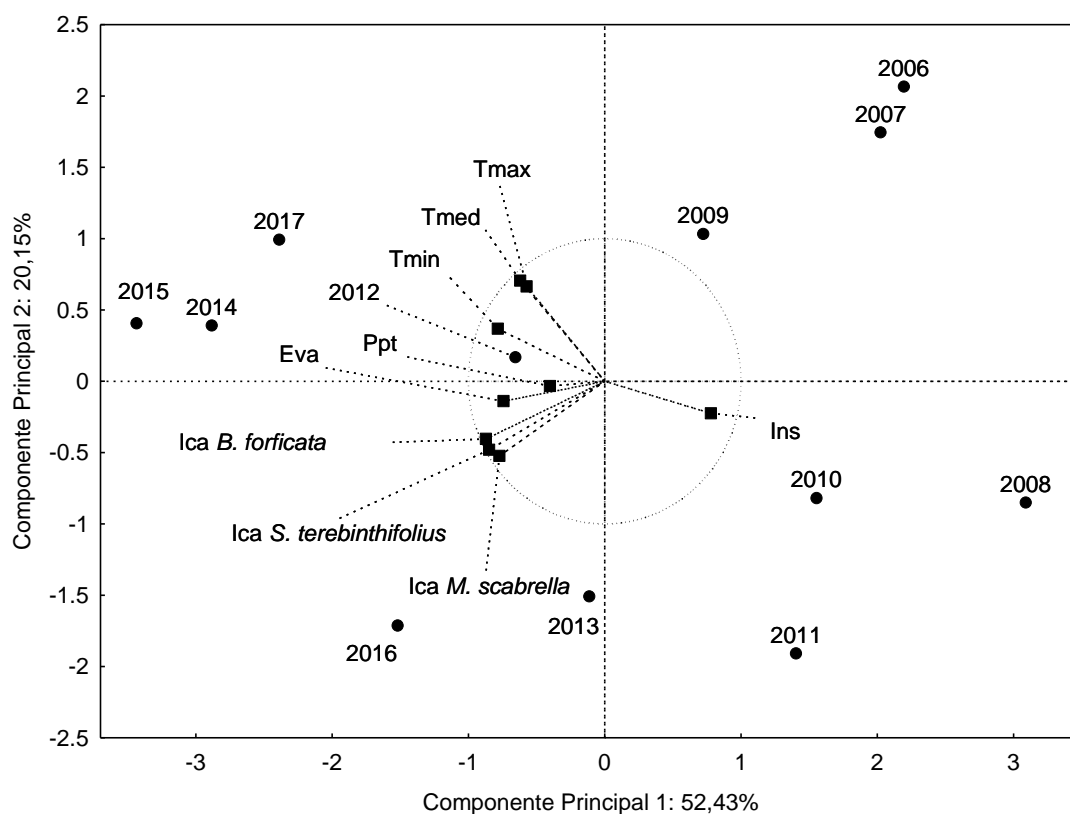


Figura 4. Componentes Principais *S. terebinthifolius*, *M. scabrella* e *B. forficata*.

Analisando a Figura 4, que é a PC1 x PC2, com as variáveis climáticas e os anos sobre o incremento das espécies, pode-se concluir que, de acordo com os dados das variáveis

climáticas, as variáveis que influenciaram no crescimento das espécies *S. terebinthifolius*, *M. scabrella* e *B. forficata*, foram as variáveis temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed), temperatura mínima (Tmin), evaporação (Evp) e precipitação (Ppt), e em relação aos anos em que essa influência foi mais acentuada foram 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017.

Em relação aos anos 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011, são os anos iniciais ao plantio, período de adaptação das espécies com a condição de campo e com a ação da insolação direta sobre elas, pode ter influenciado no crescimento.

Percebe-se que as três espécies reagiram de forma semelhante às mesmas variáveis climáticas e nos mesmos anos, que com exceção de 2016, foram anos em que a precipitação obteve média acima de 2000 mm ao ano.

4. Conclusões

As espécies estudadas não apresentaram dificuldade de crescimento que possa estar relacionado com o histórico de degradação da área de estudo, pois houve incremento médio diamétrico no período de 2007 a 2017 para as três espécies estudadas, sendo para *B. forficata* de 0,73 cm.ano⁻¹, para *S. terebinthifolius* foi de 1,09 cm.ano⁻¹ e para *M. scabrella* foi de 1,51 cm.ano⁻¹.

As espécies demonstraram comportamento de forma semelhante para os mesmos anos em que houveram características de alto e baixo crescimento. As espécies *B. forficata*, *S. terebinthifolius* e *M. scabrella* demonstraram sensibilidade aos fatores climáticos, evidenciado nos anéis de crescimento.

Referências

Amaral Machado, S.; Souza, R. F.; Teophilo Aparecido, L. M.; Ribeiro, A.; Czelusniak, B. H. (2015). Evolução das variáveis dendrométricas da bracatinga por classe de sítio. *CERNE*, Lavras, 21 (2), 199 – 207. doi: 10.1590/01047760201521021222

Bamberg, R. (2014). Análise da influência das variáveis meteorológicas no crescimento em diâmetro e altura de quatro espécies florestais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/36988>

Da Silva, L. C. R.; Machado, S. A.; Galvão, F.; Figueiredo Filho, A. (2016). Evolução estrutural de bracatingais da região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Ciência Florestal*, 26, 171-179. doi: 10.5902/1980509821102

Kanieski, M. R.; Galvão, F.; Roig, F. A.; Botosso, P. C. (2017). Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs e *Hovenia dulcis* Thunb. em uma área degradada na Floresta Ombrófila Mista Aluvial no Sul do Brasil. *Ciência Florestal*, 27(4), 1201 – 1215. doi: 10.5902/1980509830303

Souza, F. R.; Machado, S. A.; Galvão, F.; Figueiredo Filho, A. (2017). Effect of environmental variables in the distribution of tree species in the Iguazu national park. *Revista Árvore*, 41. doi: 10.1590/1806-90882017000600009

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Iris Cristina Bertolini – 40%

Luciano Farinha Watzlawick – 20%

Talyta Mytsuy Zanardini Galeski Sens – 10%

Ana Paula Vantropa – 10%

Jaqueline Aparecida Schran – 10%

Cristiano André Pott – 10%