



Competição espacial e crescimento de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer em remanescente de Floresta Ombrófila Mista

Janaína Pagliarini de OLIVEIRA¹, Andreia Taborda dos SANTOS²,
Patrícia Póvoa de MATTOS², Aline CANETTI³, Evaldo Muñoz BRAZ²

¹ Escola Supera, Caxias do Sul, RS, Brasil.

² Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil.

³ Instituto Água e Terra (IAT), Curitiba, PR, Brasil.

*E-mail: andreiataborda@yahoo.com.br

(ORCID: 0000-0002-3477-4798; 0000-0002-7547-4847; 0000-0003-4134-8890; 0000-0001-6220-6635; 0000-0002-6110-8360)

Submetido em 01/04/2021; Aceito em 06/10/2022; Publicado em 22/11/2022.

RESUMO: O objetivo desse estudo foi avaliar o ciclo de vida e a competição de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer em Floresta Ombrófila Mista. Foram selecionadas árvores do sub-bosque e emergentes na Floresta Nacional de Chapecó, SC. Foram mensurados o diâmetro, projeção de copa e altura total de cada árvore amostrada. Foram obtidas amostras com trado de incremento e analisados os anéis de crescimento, para determinação do crescimento em diâmetro. Foram calculados índices de competição e ajustados modelos hipsométricos e de crescimento para cada classe de altura (< 11 m e ≥ 11 m). Os indivíduos apresentaram idade entre 47 e 220 anos, em diâmetros de 17 a 90 cm a 1,30 m de altura (DAP). A espécie é longeva, com incremento médio de 0,42 cm ano⁻¹. O incremento médio anual difere entre classes de altura e diâmetro, sendo menor para os indivíduos que estão sob o dossel. O índice de Glover e Hool refletiu tal condição, indicando que as árvores com menor diâmetro estão sob maior pressão de competição. A análise dos índices de competição e dos modelos de crescimento permite estabelecer um prognóstico do crescimento das árvores de *O. odorifera*, servindo de subsídio ao planejamento do manejo para uso comercial e/ou conservação.

Palavras-chave: manejo florestal; anéis de crescimento; índice de competição.

Spatial competition and growth of *Ocotea odorifera* (vell.) Rohwer in a remnant of Araucaria Forest

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the life cycle and competition of *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer in Araucaria Forest. We selected understory and emerging trees from the Chapecó National Forest, Santa Catarina State. The diameter, crown projection and total heights of each sampled tree were measured. Samples were obtained with increment borer and the growth rings were analyzed to determine the growth in diameter. Competition indexes were calculated and hypsometric models and growth models were adjusted for each height class (< 11 m and ≥ 11 m). The individuals were aged between 47 and 220 years, in diameters from 17 to 90 cm at 1.30 m in height (DBH). It is a long-lived species, with an average increment of 0.42 cm year⁻¹. The average annual increment differs between classes of height and diameter, being smaller for trees under the canopy. The Glover and Hool index reflected this condition, indicating that trees with a smaller diameter are under greater competition. The analysis of the competition indexes and the growth models allow to establish a prognosis of the growth of *O. odorifera*, serving as basis to the management planning for use and/or conservation.

Keywords: forest management; growth-rings; competition index.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica é composto por diversos ecossistemas, um deles, é a Floresta Ombrófila Mista (FOM), apresentando atualmente, 7,3% da sua cobertura original, sendo considerado o remanescente mais ameaçado. Ocorrendo nos Planaltos do Rio Grande do Sul, em Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Sul de Minas Gerais (GAMBARDINI, 2021).

A expansão agrícola em décadas passadas, dentre outros fatores, levou a uma expressiva redução da área de abrangência original da Floresta Ombrófila Mista (FOM). Apesar de muitos estudos terem sido dedicados ao entendimento dessa importante tipologia florestal (FOM),

muitas lacunas ainda persistem (MEDEIROS et al., 2005; NARVAES et al., 2005; MATTOS et al., 2010; CANETTI et al., 2014). Portanto, é fundamental que sejam desenvolvidos estudos voltados para o conhecimento de sua ecologia, considerando a dinâmica e a estrutura diamétrica das principais espécies nos fragmentos florestais remanescentes, com o objetivo de avaliar a regeneração natural e definir critérios voltados ao seu manejo sustentável (ORELLANA et al., 2014).

Segundo Kanieski et al. (2013), uma das maneiras de se compreender parte dos processos envolvidos no estabelecimento e no desenvolvimento das florestas, e que permite criar estratégias de conservação, diz respeito ao

estudo do crescimento do componente arbóreo presente nesses ambientes.

Assim, o crescimento arbóreo é dependente de diversos aspectos, sendo a luz o mais relevante, devido à grande participação no processo de fotossíntese (ULAS; BRUDVIG, 2011). Variáveis como diâmetro, altura total e dimensões da copa refletem a exposição das árvores ao recurso luminoso e sua eficiência no uso do mesmo (NUTTO et al., 2001).

A capacidade de competir por luz e as estruturas morfológicas e fisiológicas que possibilitam a melhor utilização desse recurso definem o desenvolvimento das árvores no processo de sucessão florestal (TILMAN, 1988). As relações de competição pelo espaço aéreo nos ecossistemas florestais podem ser reflexo da estrutura florestal, em que a quantidade de luz difere de acordo com a altura e posição dos indivíduos (CALLEGARO et al., 2012).

A competição arbórea pode ser medida e avaliada por índices de competição, geralmente correlacionados a dados de crescimento como incremento em diâmetro, área basal e outras variáveis dendrométricas (TONINI, 2007). Neste sentido, a relação entre as informações de crescimento e de competição fornecem uma perspectiva para o conhecimento sobre a dinâmica florestal, possibilitando o planejamento de ações para o manejo e a conservação de áreas naturais (VANCLAY, 1994; PORTÉ; BARTELINK, 2002; MATTOS et al., 2011).

Em florestas naturais e/ou em plantios, pode-se perceber o efeito prejudicial nas variáveis dendrométricas quando a competição é alta. Esse feito já foi observado em espécies como *Ocotea porosa* (Santos, et al., 2015) e em *Arancaria angustifolia* (Curto et al., 2021) em condições de plantio e em *Podocarpus lambertii* em condições naturais (Canetti et al., 2016).

Raros são os estudos sobre crescimento de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, espécie pertencente à FOM, endêmica do Brasil e importante por ser fonte produtora de safrol, composto de alto valor comercial no país e no exterior (KEIL et al., 2006). O safrol é obtido da destilação não apenas do tronco, mas também da casca, folhas e raízes (SANTOS, 1987). Ele é utilizado na fabricação de inseticidas biodegradáveis, cosméticos, produtos farmacêuticos e, principalmente, como fixador de perfumes (SANTOS, 1987; AZAMBUJA, 2019), sendo a química desse composto natural amplamente estudada (BARREIRO; FRAGA, 1999; KEIL et al., 2006; BIZZO et al., 2009; CANSIAN et al., 2010; OBRZUT; CARVALHO, 2011; BARBOSA et al., 2012). Isto possibilita que planos de manejo para o aproveitamento comercial do óleo sejam elaborados aos moldes do que se aplica na exploração das folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em florestas naturais (PUCPR, 2005), surgindo como uma importante alternativa de obtenção de renda, o que poderia valorizar remanescentes florestais e, conseqüentemente, promover sua conservação.

Levando-se em consideração a importância da espécie e da tipologia florestal, objetivou-se neste estudo avaliar o crescimento em diâmetro de indivíduos de *O. odorifera*, visando identificar se há influência da posição sociológica da árvore nos incrementos anuais em diâmetro e classes de altura. A hipótese foi de que há diferença de crescimento arbóreo de acordo com a posição no dossel. Os resultados poderão subsidiar ações para o uso e conservação da espécie, pelo manejo sustentável.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um remanescente florestal pertencente à Floresta Nacional de Chapecó (FLONA de Chapecó) no oeste do Estado de Santa Catarina, que está inserida na fitofisionomia de Floresta Ombrófila Mista (FOM) (ICMbio, 2013). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é subtropical, mesotérmico úmido com verões quentes, apresentando temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C (Cfa) (ALVARES et al., 2013).

Considerando o período de 1973 a 2014, sendo esse, o período de dados climáticos disponíveis, as temperaturas médias mensais variaram entre 11,0 °C e 24,5 °C, com mínimas médias de 15,5 °C e máximas médias de 23,8 °C. Para o mesmo período, a precipitação total anual média foi de 1.892 mm (EPAGRI, 2014).

A coleta de dados dendrométricos foi realizada em indivíduos de *O. odorifera* (indivíduos-alvo) selecionados aleatoriamente, considerando qualquer indivíduo com diâmetro (DAP) igual ou superior a 15 cm, para garantir a seleção de árvores adultas e altura total mínima de 5 m, totalizando 28 indivíduos amostrados. Para cada indivíduo-alvo, mensurou-se com fita métrica o CAP (cm) a 1,30 m do solo onde a partir deste foi calculado o DAP (cm). A área de copa foi estabelecida por meio de quatro raios a partir de quatro pontos cardeais (sul, norte, leste e oeste), sendo medida a distância do tronco até a projeção final da copa. A partir destas medidas, calculou-se a área de projeção de copa de cada indivíduo-alvo. Por fim, a altura total (h) foi obtida com auxílio de uma vara graduada.

Foram ajustados quatro modelos matemáticos para a relação hipsométrica (altura total x DAP) utilizando regressão não linear com o processo PROC NL MIXED no software SAS®, visando maior confiabilidade na extrapolação do modelo para análise e interpretação de outras populações (Tabela 1). Para modelos logaritimizados, foi calculado o índice de ajuste Schlaegel (IA), visando a comparação dos coeficientes de determinação ajustados (R^2_{ajust}) das equações de diferentes naturezas. O IA é dado pela equação (1).

$$IA = 1 - \frac{SQ_{Res}}{SQ_{Total}} \quad (01)$$

em que: SQ_{Res} = soma dos quadrados da regressão; SQ_{Total} = soma dos quadrados do total.

Como os modelos matemáticos logaritimizados subestimam os valores estimados de volume, foi utilizado o Fator de Meyer, para estes casos, visando corrigir esse erro. Desta forma, multiplicam-se os volumes estimados pela expressão conhecida como Fator de Meyer (FM), conforme equações (2) e (3).

Os modelos testados são consolidados na literatura (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008; BURKHART; TOMÉ, 2012). O melhor modelo foi selecionado pelos critérios estatísticos: erro padrão da estimativa ($Sy_x\%$), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e valor de F (LEVINE, et al., 2000).

$$FM = 10^{0,5.S_{yx}^2.Ln10} \quad (02)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n - p}} \dots \hat{Y} = \hat{Y}.FM \quad (03)$$

em que: S_{yx}^2 = Quadrado do erro padrão da estimativa; Y = volume observado (m³); \hat{Y} = volume estimado (m³); n = número de dados; p = número de coeficientes de cada modelo utilizado; FM = fator de Meyer.

Tabela 1. Modelos hipsométricos testados para *Ocotea odorifera* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina.

Table 1. Hypsometric models tested for *Ocotea odorifera* in remnant of Araucaria Forest, in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

Modelo	Designação/Autor
$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \cdot 1/DAP$	Curtis
$h = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP)$	Henricksen
$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP)$	Stoffels
$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2$	Trorey

ln = logaritmo neperiano; h = altura total; DAP = diâmetro da árvore a 1,30 m de altura; e β_n = coeficientes de regressão dos modelos.

Para seleção dos indivíduos competidores, foram consideradas todas as árvores, independente da espécie. O raio da área amostrada foi definido pelo diâmetro de copa de cada árvore, com altura igual ou superior às árvores amostradas de *O. odorifera* (indivíduos-alvos) e cujas copas se sobrepunham e/ou estavam paralelas à copa das mesmas. Da mesma forma que os indivíduos-alvos, os competidores foram marcados e tiveram seu DAP e altura total medidos com os mesmos instrumentos e de forma semelhante à citada anteriormente. Foi mensurada a distância entre os fustes do indivíduo-alvo e de seus competidores, com trena graduada em centímetros.

A coleta de amostras de madeira dos fustes de *O. odorifera* foi feita no sentido radial, à altura do DAP, utilizando trado de Pressler, 5 mm de espessura. Foram coletadas duas amostras do tronco de cada indivíduo-alvo, nas direções sul-norte e oeste-leste, com 10 cm de diferença de altura. A coleta das amostras foi realizada no período de julho a outubro de 2014, correspondente ao final do inverno/início da primavera. As amostras foram secas à temperatura ambiente, fixadas em suporte de madeira, lixadas e polidas, para marcação e medição dos anéis de crescimento. Os anéis de crescimento de cada amostra foram marcados e medidos com auxílio de microscópio estereoscópico e mesa de mensuração de anéis LINTAB, com precisão de 0,01 mm.

Foi realizada a datação cruzada das séries de crescimento entre amostras da mesma árvore e entre árvores, com o objetivo de confirmar o ano de formação de cada camada de crescimento. Visando identificar se há influência da posição sociológica da árvore nos incrementos anuais, as árvores foram agrupadas por classe de altura: classe 1, com altura < 11 m e classe 2, com altura ≥ 11 m, ambas as classes com 14 árvores cada uma, cuja altura limite (11 m) foi definida considerando a altura máxima das árvores no extrato intermediário. Para verificar se houve diferenças significativas entre as classes diamétricas (5 classes para árvores com altura < 11 m e 7 classes para árvores com altura ≥ 11 m) em cada classe de altura, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

Foram ajustados 7 modelos de crescimento biológico (Tabela 2) aos dados de crescimento diamétrico da espécie

(por classe de altura e para o conjunto total de dados) com análise parcial de tronco, utilizando regressão não-linear com o processo PROC NL MIXED no software SAS®. O método *Bootstrap* não paramétrico com 100 iterações (MILLER, 2004) foi utilizado preliminarmente ao ajuste, para gerar a trajetória de crescimento de mais de 100 árvores pela combinação aleatória dos anéis de crescimento mensurados, aumentando a precisão da modelagem.

Tabela 2. Modelos de crescimento testados para *Ocotea odorifera*, em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina.

Table 2. Growth models tested for *Ocotea odorifera* in remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

Denominação da Equação	Modelo	Restrições dos parâmetros
Gompertz	$DAP = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 t}}$	$\beta_2 > 0$
Johnson-Schumacher	$DAP = \beta_0 e^{\frac{\beta_1}{t + \beta_2}}$	$\beta_1 > 0$
Chapman-Richards	$DAP = B_0(1 - e^{-B_1 t})^{B_2}$	$\beta_2 > 0$
Lundqvist-Korf	$DAP = \beta_0 e^{\frac{\beta_1}{t + \beta_2}}$	$\beta_1 > 0$
Monomolecular	$DAP = \beta_0(1 - \beta_1 e^{-\beta_2 t})$	$\beta_2 > 0$
Richards	$DAP = \beta_0(1 - \beta_1 e^{-\beta_2 t})^{\frac{1}{1 + \beta_3}}$	$\beta_2 > 0$
Schumacher	$DAP = \beta_0 e^{-\frac{\beta_1}{t}}$	$\beta_1 > 0$

Sendo: DAP = diâmetro a 1,3 m do solo, t = tempo decorrido até alcance do DAP considerado; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parâmetros das equações e “e”, número de Euler; Fonte: Burkhart; Tomé (2012).

A equação de crescimento de melhor ajuste foi selecionada com base nas estatísticas erro padrão da estimativa – S_{yx} (%), distribuição dos resíduos, critérios de informação de Akaike corrigido (AICC) e bayesiano (BIC), conforme equações (4) e (5).

$$AICC = -2 f(\hat{\theta}) + \frac{2(pn)}{n-p-1} \quad (04)$$

$$BIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + p \log n \quad (05)$$

em que: p = número de parâmetros a serem estimados; n = número de observações da amostra; $f(\hat{\theta})$ = função suporte maximizada; L = valor máximo da função de verossimilhança.

Utilizando os valores de diâmetro e distância entre os troncos, calculou-se o status competitivo dos indivíduos-alvo por meio de três índices de competição (Tabela 3). O índice de BAL, independente da distância, considera como competidoras aquelas árvores com área transversal maior que o indivíduo-alvo, utilizando a soma de suas áreas transversais. Sendo assim, quanto maior o valor de BAL, maior a competição exercida sobre o indivíduo-alvo (STAGE, 1973). O índice de Glover e Hool (GLOVER; HOOL, 1979), também independente da distância, relaciona o diâmetro do indivíduo-alvo com o diâmetro médio de todas as árvores vizinhas. Para este índice, quanto menor o valor, maior será a concorrência sofrida pela árvore. O terceiro índice calculado (Hegyí), considera a distância e DAP do indivíduo-

alvo e suas concorrentes, sendo estas definidas devido à proximidade da copa. Neste caso, valores maiores indicam que a competição entre as árvores é maior (HEGYI, 1974).

A área de projeção de copa foi correlacionada com o diâmetro (DAP) e com a altura (h) de cada indivíduo-alvo, utilizando correlação linear de Person. A mesma análise foi conduzida para correlacionar o DAP com os índices de competição.

Tabela 3. Índices de competição avaliados para as árvores de *Ocotea odorifera* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina.

Table 3. Competition indices evaluated for *Ocotea odorifera* trees in a remnant of Mixed Ombrophilous Forest in the Chapecó National Forest, Santa Catarina State, Brazil.

Índice	Modelo
Basal Area Larger	$BAL = \sum_{i=1}^n g$
Índice de Glover e Hool	$IGH = \frac{d_i^2}{D^2}$
Índice de Hegyi	$IH = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} \cdot \frac{1}{L_{ij}}$

Sendo: n = número de árvores com diâmetro à altura do peito maior que a árvore-amostra no ponto amostral; g = área transversal, em m²; di e dj = diâmetro da árvore considerada e concorrente, em cm, respectivamente; L_{ij} = distância até a concorrente j, em m.

3. RESULTADOS

Os diâmetros (DAP) dos indivíduos-alvo amostrados de *Ocotea odorifera* variaram de 16,6 a 90 cm e as suas alturas totais de 6 a 19 m, com idades variando de 47 a 220 anos. O modelo hipsométrico de Trorey apresentou o melhor ajuste. A tendência à estabilização começa, aproximadamente, a partir dos 40 cm de diâmetro e 14 m de altura (Figura 1).

O incremento médio anual em diâmetro (IMA) de *O. odorifera* na Floresta Nacional de Chapecó foi de 0,42 cm ano⁻¹, diferindo entre as classes de altura, com 0,45 cm ano⁻¹ árvores com altura ≥ 11 m (classe 2) e 0,36 cm ano⁻¹ para árvores com altura < 11 m (classe 1). O incremento médio por classe diamétrica não diferiu estatisticamente, entre as árvores da classe 1 (Figura 2A).

As árvores da classe 2 (altura ≥ 11 m) apresentaram diferenças significativas entre as classes diamétricas (Figura 2B). As mesmas apresentaram crescimento mais lento até 20 cm de diâmetro, nas três classes seguintes (centro de classe em 25, 35 e 45 cm de DAP), as árvores apresentam maior incremento anual, com indicativos de declínio a partir dos 50 cm de DAP.

Os critérios estatísticos dos modelos de crescimento testados estão apresentados na Tabela 4. O modelo de Gompertz apresentou o melhor ajuste do crescimento em diâmetro da espécie, tanto para o conjunto total de dados, quanto para as duas classes de altura estudadas. Esse foi o que apresentou os melhores valores de AICC, BIC e erro padrão da estimativa em porcentagem (S_{yx}(%)), sendo que este último apresentou valores iguais a 15,2 para a classe 1 (árvores com altura < 11 m); 16,7 para a classe 2 (árvores com altura ≥ 11 m) e 18,2 para todas as árvores.

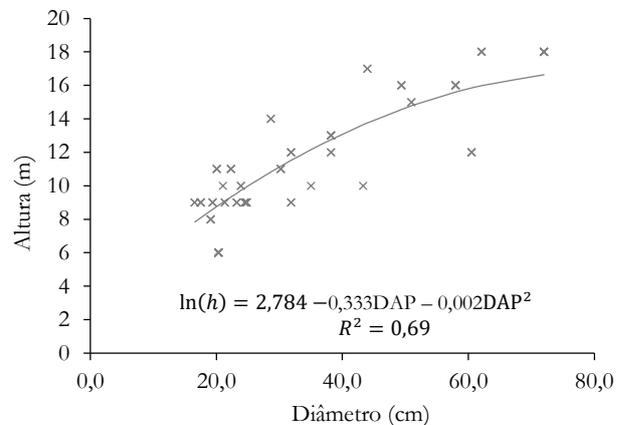


Figura 1. Relação hipsométrica para *Ocotea odorifera* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina.

Figure 1. Hypsometric relationship adjusted for *Ocotea odorifera* in remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

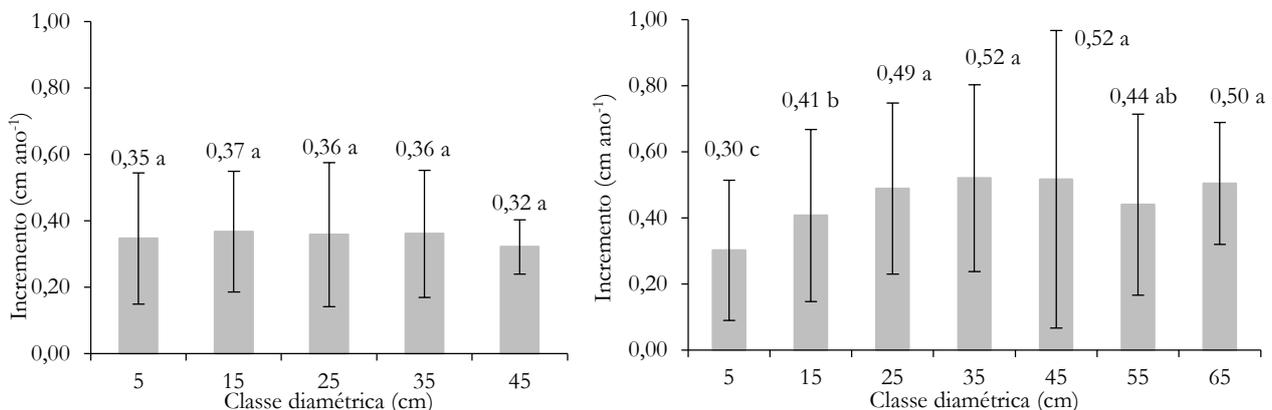


Figura 2. Incremento (cm ano⁻¹), por classes diamétricas e classes de altura de indivíduos de *Ocotea odorifera* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Chapecó, SC. A = classe 1 (altura < 11 m) e B = classe 2 (altura ≥ 11 m). As retas verticais são os desvios padrão de cada classe. Letras iguais, indica que não há diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis (p ≤ 0,01).

Figure 2. Increment (cm year⁻¹), by diametric and height classes of *Ocotea odorifera* trees in a remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil. A = class 1 (height < 11 m) and B = class 2 (height ≥ 11 m). The vertical lines are the standard deviations of each class. Same letter, by diameter class of each height class, indicates no significant difference by Kruskal-Wallis test (p ≤ 0.01).

Tabela 4. Estatísticas e parâmetros estimados dos modelos de crescimento testados para todos os indivíduos e por classes de altura de indivíduos de *Ocotea odorifera* de remanescente de Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Chapecó, SC.

Table 4. Statistical parameters growth models tested by diametric classes, of *Ocotea odorifera* trees from remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

Modelos	AICC	BIC	S_{yx} (%)	Coeficientes			
				β_0	β_1	β_2	β_3
Classe 1 (árvores com altura < 11 m)							
Gompertz	120661	120698	15,2	43,0	3,1415	0,0256	
Jhonson-Schumacher	374294	374330	20,2	43,0	39,6853	-1,000	
Chapman-Richards	128817	128853	16,3	43,0	0,0196	1,7943	
<i>Lundqvist-Korf</i>	153341	153377	19,7	43,0	74,1286	1,1558	
Monomolecular	141141	141186	17,9	43,0	1,1286	0,0139	
Richards	109864	109910	14,0	43,0	0,9648	0,0029	0,3128
Schumacher	156818	156845	20,3	43,0	40,7149		
Classe 2 (árvores com altura ≥ 11 m)							
Gompertz	354602	354640	16,7	90,0	3,4157	0,0162	
Jhonson-Schumacher	771279	771317	22,2	90,0	65,9954	-1,000	
Chapman-Richards	360803	360841	17,2	90,0	0,0124	1,9628	
<i>Lundqvist-Korf</i>	400362	400400	20,7	90,0	179,60	1,2207	
Monomolecular	390987	391034	20,0	90,0	1,1401	0,0080	
Richards	349272	349319	16,3	90,0	1,0029	0,0029	0,1799
Schumacher	413781	413810	22,0	90,0	69,3683		
Todas as árvores							
Gompertz	531138	531178	18,2	90,0	3,2213	0,0161	
Jhonson-Schumacher	1176122	550583	24,5	90,0	71,9286	-1,0000	
Chapman-Richards	550543	623693	19,3	90,0	0,0120	1,9570	
<i>Lundqvist-Korf</i>	623653	605755	23,9	90,0	132,90	1,1408	
Monomolecular	605705	524478	22,7	90,0	1,1214	0,0077	
Richards	524428	632549	17,9	90,0	1,0009	0,0025	0,2033
Schumacher	632715	632715	24,5	90,0	73,1772		

Na Figura 3 pode-se observar a representação gráfica dos modelos nas 3 situações (classes 1 e 2, e todas as árvores), sendo o padrão de crescimento da classe 2 coincidente com o modelo ajustado para todas as árvores.

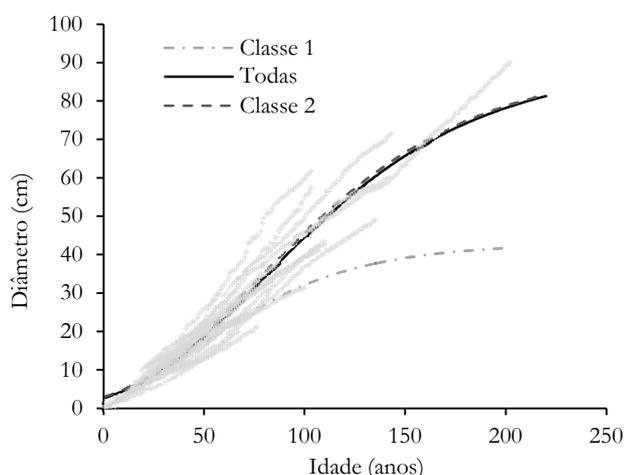


Figura 3. Curva de crescimento gerada pelo modelo de crescimento Gompertz para as classes 1 (árvores com altura < 11 m) e 2 (árvores com altura ≥ 11 m) e para o conjunto de dados de indivíduos de *Ocotea odorifera* de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Nacional de Chapecó, SC.

Figure 3. Gompertz growth adjusted for trees of class 1 (height < 11 m) and class 2 (height ≥ 11 m) and for the total data set of *Ocotea odorifera*, from remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

O DAP dos indivíduos-alvo apresentou correlação significativa ($p \leq 0,05$) com a área de projeção de copa (0,89) e com o índice de Glover e Hool (0,67) e a altura total apresentou correlação positiva com a área de projeção de copa (0,88), como pode ser observado nas Figuras 4a e 4b,

respectivamente. Árvores com diâmetros maiores resultaram em valores mais altos do índice de competição, indicando menor competição sobre os indivíduos-alvo (Figura 5). Os demais índices de competição avaliados (BAL e Hegyi) apresentaram correlação com os diâmetros dos indivíduos amostrados inferiores aos obtidos com o índice de Glover e Holl.

A relação hipsométrica ajustada para a espécie (Figura 1) indicou uma relação mais pronunciada entre diâmetro e altura na fase inicial, até aproximadamente (30 cm de DAP), tendendo à estabilização com aumento do diâmetro, conforme encontrado para outra espécie do mesmo gênero (*Ocotea porosa*) por Weber (2013) nos municípios de Caçador e Calmon em Santa Catarina e Santos et al. (2015), em Rio Negro no Paraná. Conforme Assmann (1970), a culminação da altura a um determinado DAP está relacionada à chegada da árvore ao dossel da floresta, finalizando a trajetória da busca por maior disponibilidade de luz.

A diferença de crescimento entre as classes de altura encontrada reforçou a importância de uma abordagem com estratificação dos indivíduos para melhor avaliação do desenvolvimento das árvores. O incremento por classes diamétricas dentro de cada classe de altura (Figura 2), indicou que as árvores que hoje ocupam o dossel (com maior diâmetro, altura e idade – classe 2) tiveram picos de crescimento ao longo do tempo e maior incremento a partir da classe diamétrica 35 cm. As árvores com cerca de 35 cm de diâmetro, em geral, já atingiram as maiores alturas dessa espécie no local de estudo (≥ 11 m) conforme observado na Figura 1. À medida que as árvores se aproximam do dossel, há uma redução da competição, pois aumenta a disponibilidade de luz e há menos influência de árvores vizinhas (AAKALA et al., 2013; CANETTI et al., 2016) e, portanto, há melhores condições para o crescimento diamétrico.

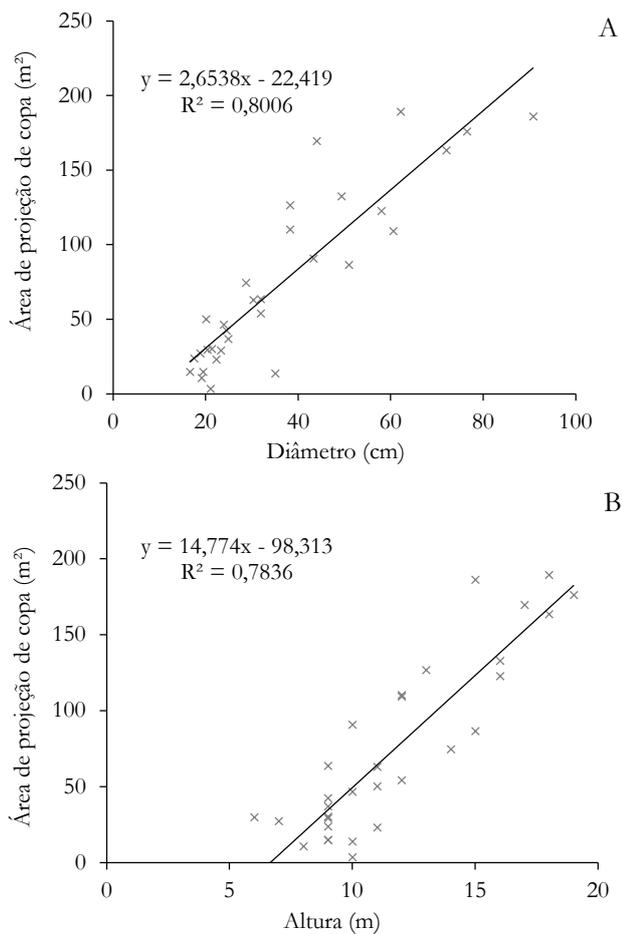


Figura 4. Relações lineares do diâmetro com a área de projeção de copa (A), e da altura com a área de projeção de copa (B) de *Ocotea odorifera* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Chapecó, SC.

Figure 4: Linear relations of diameter and crown projection area (A), and height with crown projection area (B) of *Ocotea odorifera* from remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

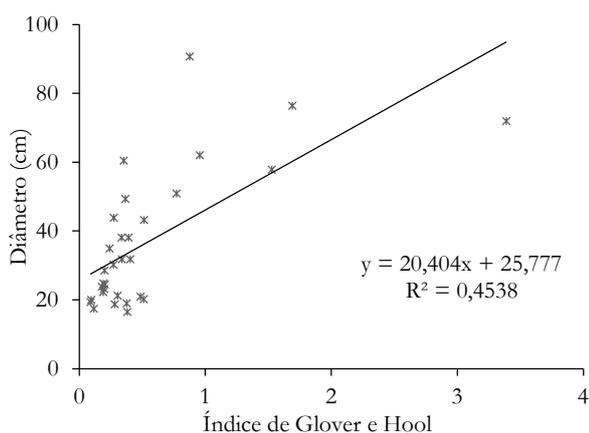


Figura 5. Relações lineares do diâmetro com o Índice de Glover e Hool (B) de *Ocotea odorifera* de remanescente de Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Chapecó, SC.

Figure 5. Linear relations of diameter with Glover and Hool Index of *Ocotea odorifera* from remnant of Araucaria Forest in the National Forest of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil.

Por outro lado, as árvores que estavam sob o dossel (com menor diâmetro, altura e idade – classe 1) apresentaram crescimento lento durante todo o período de crescimento

amostrado, possivelmente por falta de abertura do dossel, o que as impediu de se desenvolverem como as árvores da classe 2 (Figura 2a). Esse comportamento pode ser característico desta espécie, sendo também relatado para outras espécies arbóreas de florestas tropicais (MACHADO et al., 1994; CRECHI, 1996; BARTOSZECK et al., 2004; FIGUEIREDO FILHO et al., 2010a). Para Binkley et al. (2002), o menor incremento em diâmetro de algumas árvores pode ser parcialmente explicado pelo espaço limitado, que resulta em menor rendimento de fotossíntese devido ao menor acesso à luz. As condições estruturais do hábitat (composição de espécies competidoras, espaço físico, luminosidade, dentre outras) são diferentes no decorrer do desenvolvimento das árvores na floresta, o que pode justificar as distintas posições que estas ocupam nos estratos arbóreos (HOLMES; REED, 1991; D'AMATO; PUETTMMANN 2004; SCHAAF et al., 2005; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; FRAVER et al., 2014; CANETTI et al., 2014; MALEKI et al., 2015).

4. DISCUSSÃO

Não foram encontrados em literatura dados de crescimento de *O. odorifera* em floresta natural, entretanto, ainda é válido comparar o seu crescimento com outras espécies do mesmo gênero, com o intuito de identificar padrões de crescimento semelhantes a *O. odorifera*. Assim, a amplitude do incremento em diâmetro encontrado neste trabalho foi próxima ao encontrado por Mattos et al. (2010), em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, para *O. porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *O. puberula* (Rich.) Nees e *O. pulchella* (variação entre 0,30 a 0,98 cm.ano⁻¹). Em Figueiredo Filho et al. (2010b), o incremento médio anual em diâmetro encontrado foi menor que o do presente estudo (*O. porosa* com 0,29 cm.ano⁻¹), ainda que superiores aos de outras espécies do mesmo estudo. Em Stepka et al. (2021), o incremento médio anual em diâmetro encontrado foi semelhante ao do presente estudo (Caçador, SC de 0,44 cm.ano⁻¹; Chapecó, SC de 0,37 cm.ano⁻¹; Irati, PR de 0,40 cm.ano⁻¹ e Três Barras, SC de 0,31 cm.ano⁻¹) e em São Francisco de Paula o incremento foi maior (0,53 cm.ano⁻¹). Tais diferenças reforçam a importância de se conhecer o crescimento de cada espécie em diferentes locais, para que técnicas de manejo sejam conduzidas de forma eficiente (Braz, 2010).

Em condições de plantio em Campo Mourão, PR foram obtidas toras de *O. odorifera* com 40 cm de DAP aos 42 anos (CARVALHO, 2005), mostrando o potencial da espécie sob condições de manejo. Em plantio de outra espécie do mesmo gênero (*O. porosa*), Santos et al. (2015) encontraram para valores de incremento diamétrico entre 0,03 e 1,53 cm.ano⁻¹ e incremento médio anual de 0,61 cm.ano⁻¹. Santos et al. (2015) citam ainda que as árvores que atingiram as posições superiores no dossel apresentaram os maiores diâmetros e as maiores taxas de incremento assim como as árvores da classe 2 nesse trabalho (Figura 2). Ainda, de acordo com Hubbell et al. (1999), isso é devido à maior atividade fotossintética, uma vez que essas árvores em sua grande maioria, ocupam o dossel superior da floresta tendo principalmente maior oferta de luz. Logo, isso reforça a importância e o potencial de incremento em condições com acesso a luz. O manejo por meio de podas e/ou desbastes, aumentando a intensidade de luz, pode ser necessário para favorecer o crescimento de árvores suprimidas (MONTAGNINI et al., 1995; SCHULZE, 2008). Para Smith (1962), a prática silvicultural

mais comum para favorecer o crescimento das árvores é o desbaste. Santos et al. (2015), em trabalho com *Ocotea porosa*, sugerem que, ao se ter conhecimento da dinâmica de crescimento das espécies em condições naturais, é possível efetuar intervenções na floresta para aumentar a incidência de luz e favorecer o crescimento dos indivíduos. Além de ações de manejo, investimentos em técnicas de melhoramento vegetal possivelmente possibilitariam maior produção em madeira desta espécie.

Os modelos de crescimento ajustados com indivíduos com idades acima de 150 anos (Figura 3), demonstra crescimento lento, ainda em fase crescente para todo o conjunto de árvores e para a classe 2 de altura, caracterizando a espécie como longeva. Tal comportamento é homólogo ao já documentado para a espécie (REITZ et al., 1988; CARVALHO, 2005; MILANESI, 2008). Esse padrão de crescimento é consistente com a posição sociológica desta espécie, classificada como secundária tardia com crescimento lento, tolerância à sombra quando jovem e dependente de maior luminosidade na fase adulta (CARVALHO, 2003).

Entretanto, o modelo de crescimento ajustado para a classe 1 de altura mostra uma estabilização precoce do crescimento, provavelmente decorrente da posição sob o dossel, onde as árvores não venceram a competição e não alcançaram o dossel, sendo impossibilitadas de se desenvolverem como as árvores da classe 2 (altura ≥ 11 m). O crescimento vegetal depende principalmente da eficiência fotossintética, a qual está diretamente relacionada às condições de radiação a que os indivíduos estão expostos (DIAS-FILHO, 1999). Ou seja, considerando que o crescimento da árvore é governado pela interação das características genéticas e os fatores ambientais, operando por meio de um conjunto de processos e condições internas, o menor crescimento diamétrico pode ser devido ao menor volume de copa, competição por recursos ou características intrínsecas às árvores (KOZŁOWSKI; PALLARDY, 1997).

A pressão lateral provocada por indivíduos competidores provoca a redução da área de projeção de copa e, conseqüentemente, estimula o crescimento em altura para a busca de maior luminosidade (PADOIN; FINGER, 2010). A análise da influência da luz no crescimento das plantas tem sido muito aplicada em estudos comparativos de crescimento de plantas e sobre os fatores intrínsecos às mesmas que afetam este crescimento, uma vez que é um indicativo da taxa fotossintética da planta (ELLIOT; WHITE, 1994; BUNGARD et al., 2000; CAUS; PAULILO, 2000; NEUBURGER et al., 2010). Desta forma, copas menores podem refletir menores espaços de crescimento, com árvores concorrentes mais próximas. Tal condição pode estar expressa no menor crescimento em diâmetro dos indivíduos (BELLA, 1971; WAGNER; RADOSEVICH, 1998; D'AMATO; PUETTMANN, 2004; AAKALA et al., 2013; FRAVER et al., 2014) quando a limitação de acesso à luz compromete a taxa fotossintética da planta. A alta correlação do diâmetro e da altura total com a área de projeção de copa (Figuras 4a e 4c) pode ser um indicativo da necessidade de espaço vital para o crescimento dos indivíduos, onde a relação entre copa e incremento em diâmetro é direta.

A competição sobre os indivíduos de *Ocotea odorifera*, indicada pela correlação entre diâmetro e índice de Glover e Hool (Figura 4b), é confirmada pelas diferenças de incremento médio anual entre as classes diamétricas das classes de altura. O incremento médio anual em diâmetro dos indivíduos da classe 1 é menor, quando comparado às árvores

de dossel nas mesmas classes diamétricas. A correlação do diâmetro do fuste com o índice de Glover e Hool, o qual relaciona o diâmetro das árvores objeto com suas competidoras, permite considerar que para o crescimento em diâmetro das árvores de *O. odorifera* ser reduzido, uma ou mais competidoras estão usando com vantagens o espaço e recurso luminoso, enfatizando a relação copa-incremento-altura. De acordo com Canetti et al. (2016), o efeito da competição no crescimento é, provavelmente, a causa das diferenças observadas entre as copas dos estratos superior e inferior. Santos et al. (2015), em plantio de *Ocotea porosa*, também observaram diferenças significativas de incremento médio entre indivíduos de posição fitossociológicas distintas (dominantes e suprimidas), em que indivíduos suprimidos cresceram menos, o que foi indicado pelos autores como decorrente da competição por luz.

Não se pode desconsiderar que, por se tratar de uma espécie longeva, muitas condições de competição podem ter mudado ao longo do crescimento dos indivíduos, principalmente daqueles que atualmente ocupam o dossel. Entretanto, Canetti et al. (2016) avaliaram o crescimento retrospectivo e a competição de *Podocarpus lambertii* nos últimos 30 anos e observaram que árvores do dossel sempre apresentaram incrementos mais altos, quando comparadas às árvores que permaneceram sob o dossel, indicando que para as árvores sob o dossel apresentarem melhores incrementos em diâmetro, terão que superar a condição de competição a que estão submetidas. Radtke et al. (2003) também observaram essa tendência em *Pinus taeda* L.

5. CONCLUSÕES

Ocotea odorifera mostrou indicativos de ser sensível ao espaço disponível para seu crescimento, apresentando menor amplitude diamétrica, altura total e área de projeção de copa quando em condições de competição.

O uso das informações de crescimento e a resposta da espécie a condições de competição por luz permitem estabelecer um prognóstico do potencial de crescimento das árvores, podendo esta informação subsidiar o planejamento do manejo da espécie para uso e conservação.

6. REFERÊNCIAS

- AAKALA, T.; FRAVER, S.; D'AMATO, W. A.; PALIK, J. B. Influence of competition and age on tree growth in structurally complex old-growth forests in northern Minnesota, USA. *Forest Ecology and Management*, v. 308, p. 128-135, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.057>
- ALVARES, C. A.; STAPE, L. J.; SENTELHAS, C. P.; GONÇALVES, M. L. J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. 10.1127/0941-2948 / 2013/0507
- ASSMANN, E. *The Principles of Forest Yield Study*. New York: Pergamon Press, 1970. 520p.
- AZAMBUJA, W. *Óleos essenciais: O início de sua história no Brasil*. Disponível em: <<http://oleosessenciais.org/tag/safrol/>>. Acesso em: 28/02/2019.
- BARBOSA, S., P. Q., CÂMARA, G. A. C.; RAMOS, S. C.; NASCIMENTO, O. C. D.; LIMA-FILHO, V. J.; GUIMARÃES, F. E. Chemical composition, circadian rhythm and antibacterial activity of essential oils of *Piper*

- divaricatum*: a new source of saffrole. **Química Nova**, v. 35, n. 9, p. 1806-1808, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900019>
- BARREIRO, E. J.; FRAGA, C. A. M. A utilização do safrol, principal componente químico do óleo de sassafrás, na síntese de substâncias bioativas na cascata do ácido araquidônico: anti-inflamatórios, analgésicos e antitrombóticos. **Química Nova**, v. 22, n. 5, p. 744-759, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000500019>
- BARTOSZECK, A. C. D. P.; MACHADO, S. D. A., FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracinga da região metropolitana de Curitiba, PR. **Árvore**, v. 28, n. 4, p. 517-533, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000400006>
- BELLA, I. E. A new competition model for individual trees. **Forest Science**, v. 17, n. 3, p. 364-372, 1971.
- BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BARNARD, H. R.; FOWNES, J. Age-related decline in forest ecosystem growth: an individual-tree, stand-structure hypothesis. **Ecosystems**, v. 5, n. 1, p. 58-67, 2002. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0055-7>
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.
- BRAZ, E.M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 2010. 236f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria, 2010.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 481-493, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2005.01080.x>
- BUNGARD, R. A., J. D. SCHOLLES, AND M. C. PRESS. The influence of nitrogen on rain forest dipterocarp seedlings exposed to a large increase in irradiance. **Plant, Cell & Environment**, v. 23, n. 11, p. 1183-1194, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00642.x>
- BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. **Modeling Forest trees and stands**. Springer Science & Business Media, 2012. 458p. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3170-9>
- CALLEGARO, R. M.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, A. C. B.; KANIESKI, M. R.; FLOSS, P. A.; GRACIOLI, C. R. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional decidual ripária em Jaguari, RS. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 305-311, 2012.
- CANETTI, A.; RUY, C. C.; MATTOS, P. P.; BRAZ, M. E. Dinâmica de crescimento de espécies de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 31-37, 2014. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.77.602>
- CANETTI, A.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; RICKEN, P.; NETTO, S. P. Retrospective analysis of competition in a forest remnant: A case study of *Podocarpus lambertii* in the Araucaria Forest. **Dendrochronologia**, v. 40, p. 43-49, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2016.05.003>
- CANSIAN, R. L.; MOSSI, A. J.; PAROUL, N.; TONIAZZO, G.; ZBORALSKI, F.; PRICHOA, F. C.; LERIN, L. A. Atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (VELL.) ROWHER). **Perspectiva**, v. 34, n. 127, p. 123-133, 2010.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.