



COMUNICADO
TÉCNICO

414

Colombo, PR
Outubro, 2018



Padrão de crescimento de araucária em polo urbano

Aline Canetti
Patricia Povia de Mattos
Evaldo Muñoz Braz
Sylvio Pellico Netto

Padrão de crescimento de araucária em polo urbano

Aline Canetti, Engenheira Florestal, doutoranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; **Patricia Povoá de Mattos**, Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Evaldo Muñoz Braz**, Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Sylvio Pellico Netto**, Engenheiro Florestal, doutor em Biometria e Inventário Florestal, professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

Árvores em ambientes urbanos contribuem para melhorar a qualidade de vida da população, uma vez que suas folhas bloqueiam a radiação solar e alteram as características do vento, tornando a temperatura do ar mais agradável (Nowak et al., 1998). Adicionalmente, produzem benefícios sociais ligados à educação ambiental, recreação, novos empregos, suprimento de madeira e alimentos e outros (Küchelmeister, 2000). Entretanto, o hábitat das áreas urbanas é distinto da floresta, uma vez que os solos e nutrientes são heterogêneos e muitas vezes pobres e alterados, além de as árvores estarem mais dispostas a intervenções humanas, como tratamentos silviculturais inadequados, vandalismo, proximidade à fiação elétrica e emissão de poluentes (Sjöman; Nielsen, 2010).

Existem diversos estudos que identificaram o efeito da poluição atmosférica nos seres humanos (Malik et al., 2012; Pope III, 1989), mas pouco se sabe do seu efeito na saúde da vegetação. Os riscos dos poluentes ambientais já

foram registrados em estudos na Europa e América do Norte (Nowak et al., 1998; Muzika et al., 2004; Stravinskiene; Erlickyte-Marciukaitiene, 2009; Malik et al., 2012), mas poucos autores estudaram este efeito nas árvores e florestas dos ambientes tropicais e subtropicais (Escobedo et al., 2008; Hermida, 2015).

O estudo do crescimento das árvores expostas a diferentes condições de poluição do ar permitirá compreender o papel que elas desempenham na mitigação da poluição do ar em áreas mais sensíveis (Malik et al., 2012) e auxiliará o planejamento da expansão urbana. Recuperar o crescimento das árvores por dendrocronologia permite obter séries históricas longas, acompanhando a evolução da urbanização associada à trajetória do ciclo de vida das árvores (Muzika et al., 2004; Wilczynski, 2006; Malik et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi determinar o padrão de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em área urbana e industrial.

O município escolhido para a coleta dos dados foi Araucária, localizado na região metropolitana de Curitiba, PR. A partir da década de 1970, quando foram implementados pelo governo, incentivos fiscais para a instalação de indústrias, este município tornou-se um polo industrial (Silva, 2006).

Árvores de *A. angustifolia* foram amostradas nos arredores de estações de monitoramento da qualidade do ar em quatro regiões com características distintas: residencial: ASSIS; central/comercial: UEG; industrial: CSN e; rural com presença de indústria petrolífera: REPAR.

Foram coletadas aleatoriamente amostras de árvores saudáveis e com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) superior a 15 cm. De todas as árvores, foi registrado o DAP, altura e coordenadas geográficas (Tabela 1).

Duas amostras não destrutivas de cada árvore foram coletadas com trado de incremento ($\varnothing = 5$ mm) na altura do DAP, em sentido transversal e perpendiculares entre si. Os furos causados pelo trado foram selados com cera de abelhas, para prevenir a entrada de patógenos (Stepka et al., 2014). As amostras

foram preparadas em laboratório, os anéis de crescimento foram marcados e medidos em mesa de mensuração, utilizando o software TSAP Win (Rinn, 1996). Posteriormente, foi realizada a datação cruzada entre amostras de cada árvore e entre árvores. Pela média entre as amostras das árvores, foram geradas as séries de crescimento anuais.

Como os incrementos em diâmetro apresentaram grande variação, os dados foram estratificados em classes diamétricas, conforme detalhado na Tabela 2.

Foram testados sete modelos de crescimento por regressão linear e não linear, relacionando idade e DAP (Tabela 3). O método de Bootstrap (Davison; Hinkley, 1997) foi utilizado para aumentar a precisão dos modelos, gerando recombinações entre as séries de crescimento. Para viabilizar a comparação entre locais de estudo e classes diamétricas, foi escolhido o mesmo modelo de crescimento com base nos parâmetros da regressão (coeficiente de regressão – R^2 , erro padrão da estimativa – S_{yx} (%) e valor de F) e ajuste aos dados reais.

Foram amostradas 144 árvores, mas apenas 36 puderam ser analisadas,

Tabela 1. Árvores de *Araucaria angustifolia* amostradas no município de Araucária, PR, Brasil.

Área	Número de árvores	Altura média (m)	DAP médio (cm)	DAP mínimo (cm)	DAP máximo (cm)
ASSIS	39	14,0	51,3	16,5	86,9
CSN	35	15,3	44,9	31,0	65,2
REPAR	35	14,3	45,0	25,1	89,1
UEG	35	15,5	55,6	27,4	83,7

Sendo "DAP" o diâmetro a 1,30 m do solo.

Tabela 2. Dados descritivos das séries de crescimento de *Araucaria angustifolia* agrupadas por classe diamétrica e área de coleta.

Área	Classe de DAP (cm)	Número de árvores	Altura _{média} (m)	DAP _{médio} (cm)	DAP _{mínimo} (cm)	DAP _{máximo} (cm)
ASSIS	20 - 40	5	13,7	28,5	24,3	31,0
	40 - 60	8	13,3	43,3	33,2	51,4
	60 - 80	8	16,0	63,0	53,3	75,9
CSN	20 - 40	7	14,7	28,1	23,7	32,6
	40 - 60	16	15,1	38,7	33,8	48,4
	60 - 80	3	17,0	56,4	55,5	57,1
REPAR	20 - 40	13	12,6	25,8	18,4	32,6
	40 - 60	14	15,4	42,2	33,2	51,4
	60 - 80	4	17,7	62,6	53,0	79,9
UEG	20 - 40	5	12,7	24,6	20,5	27,0
	40 - 60	14	15,5	45,7	34,8	52,1
	60 - 80	11	16,9	62,5	52,4	75,2

Sendo "DAP" o diâmetro a 1,30 m do solo.

Tabela 3. Equações de crescimento diamétrico testadas em função da idade.

Denominação da equação	Modelo	Restrições dos parâmetros
Gompertz	$DAP = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 i}}$	$\beta_2 > 0$
Johnson-Schumacher	$DAP = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1 e}{i + \beta_2}}$	$\beta_1 > 0$
Linear	$DAP = \beta_0 + \beta_1 i$	$\beta_1 > 0$
Logística	$DAP = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 e^{-\beta_2 i}}$	$\beta_2 > 0$
Monomolecular	$DAP = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{-\beta_2 i})$	$\beta_2 > 0$
Richards	$DAP = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{-\beta_2 i})^{\frac{1}{1 - \beta_3}}$	$\beta_2 > 0$
Schumacher	$DAP = \beta_0 e^{\frac{\beta_1}{i}}$	$\beta_1 > 0$

Fonte: Burkhart; Tomé, 2012.

Sendo "DAP" o diâmetro a 1,30 m do solo, "i" a idade; " β_0 , β_1 , β_2 e β_3 " os parâmetros das equações e "e", número de Euler.

devido aos anéis de crescimento não apresentarem delimitação visível ao longo de toda a amostra. Especialmente as amostras coletadas próximas ao centro da cidade (áreas de estudo CSN e UEG) apresentaram camadas de crescimento não definidas, principalmente próximo à casca das árvores (Figura 1).

Como as amostras foram coletadas no ambiente urbano, com condições ambientais atípicas e heterogêneas, onde diversas variáveis influenciam a fisiologia das árvores, é natural que os anéis de crescimento apresentem características distintas àsquelas encontradas em florestas naturais (Wilczynski, 2006).

Uma vez que os DAPs são relacionados às idades das árvores, a partir da estratificação em classes diamétricas, é possível estimar, através da idade, em

que período as árvores se estabeleceram no município (Figura 2). Percebe-se que, de maneira geral, as árvores de menores dimensões (classe 1) se estabeleceram em meio ao desenvolvimento da industrialização do município, aproximadamente no início da década de 1980. Já as árvores da classe 2 se estabeleceram aproximadamente na década de 1960, 10 anos antes do início do período de industrialização do município, e as árvores da classe 3 na década de 1930.

O modelo de Schumacher foi o escolhido para representar o crescimento de *A. angustifolia* nos diferentes locais de estudo e classes diamétricas. Os parâmetros estatísticos e coeficientes das equações estão demonstrados na Tabela 4.

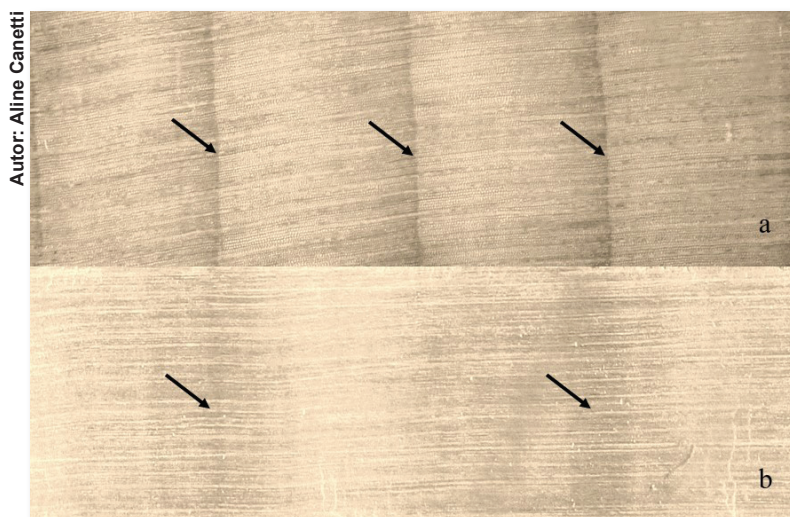


Figura 1. Ilustração dos anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* bem demarcados (a) e trechos de menor distinção (b) em área urbana.

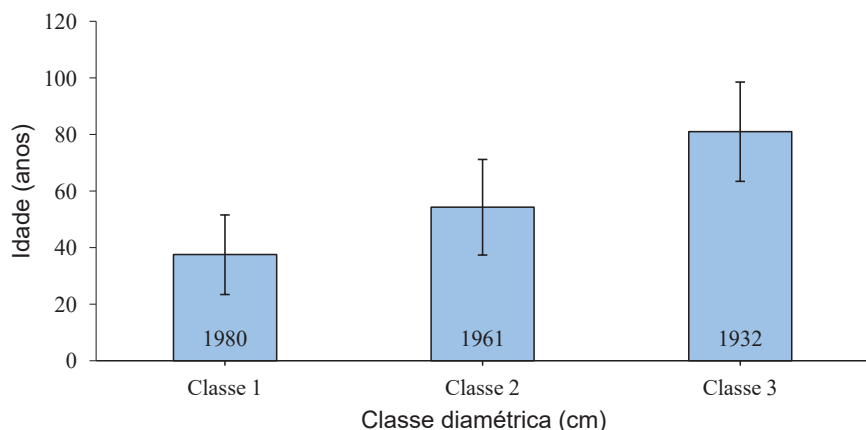


Figura 2. Média e desvio padrão da idade por classe diamétrica das árvores de *A. angustifolia* em Araucária, PR. No interior das colunas estão apresentados os anos, em média, em que as árvores se estabeleceram no município.

Tabela 4. Parâmetros estatísticos e coeficientes das equações de crescimento de *Araucaria angustifolia* pelo modelo de Schumacher, nos diferentes locais de estudo e classes diamétricas.

Classe diamétrica	Área de estudo	R^2_{ajust}	S_{yx} (%)	F	β_0	β_1
20 - 40 cm	ASSIS	0,996	9,4	994.512	48,1	17,4
	CSN	0,980	22,4	410.171	37,4	20,5
	REPAR	0,979	22,3	414.302	36,4	10,7
	UEG	0,995	10,8	1.095.138	34,4	14,0
40 - 60 cm	ASSIS	0,996	10,1	2.169.398	60,8	20,2
	CSN	0,969	27,2	597.482	44,7	16,7
	REPAR	0,986	7,1	291.555	49,0	14,8
	UEG	0,985	18,5	1.251.124	55,9	17,1
≥ 60 cm	ASSIS	0,987	16,8	862.217	88,2	33,2
	CSN	0,988	16,4	387.098	64,6	21,5
	REPAR	0,994	11,1	1.008.760	85,6	25,2
	UEG	0,990	15,1	1.764.732	78,5	26,4

Onde R^2_{ajust} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} (%) = erro padrão da estimativa; β_0 e β_1 = parâmetros do modelo de Schumacher.

As equações de crescimento foram modeladas até os maiores diâmetros registrados para cada classe diamétrica em cada local de estudo (Figura 3). As árvores da classe 1 apresentaram crescimento inferior nas 4 áreas de

estudo (Figura 3a). As árvores da classe 2 foram marcadas por crescimento intermediário (Figura 3b) e as árvores da classe 3 foram as que cresceram mais (Figura 3c). As inflexões das curvas de crescimento, que identificam o início da

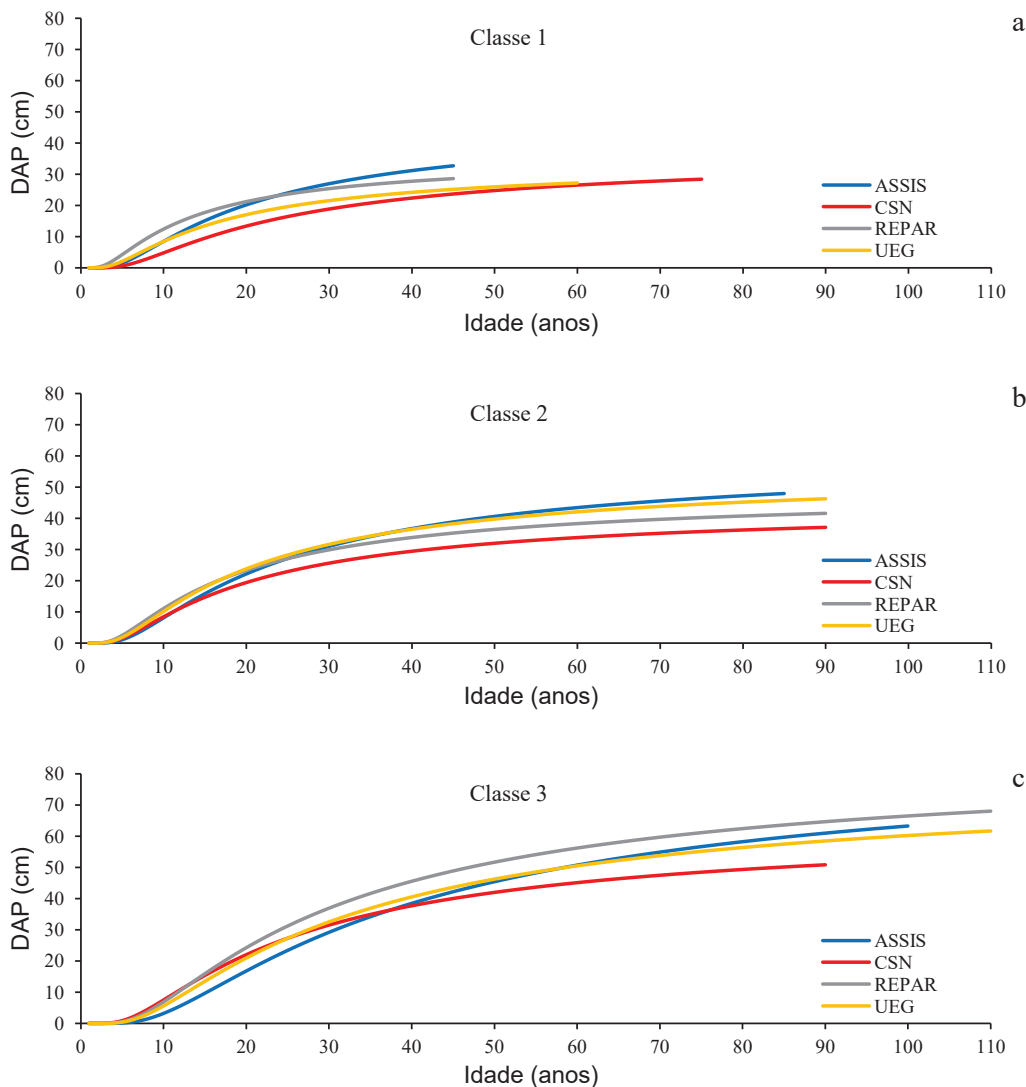


Figura 3. Funções de crescimento modeladas para as classes diamétricas por local de estudo.

senescência das árvores, das classes 1 e 2 ocorreram em diâmetros menores do que nas da classe 3.

As inflexões nas curvas de crescimento das árvores das classes 1 e 2 antes dos 40 anos de idade evidenciaram a aceleração da senescência dessas árvores mais jovens quando em condições de urbanização crescente. A inflexão mais acentuada nas curvas de crescimento da classe 3 nos locais de estudo CSN e UEG podem ser resposta às características do ambiente em que as árvores estão inseridas, caracterizadas pela proximidade ao centro do município e maior circulação de pessoas.

O padrão de crescimento das árvores mais velhas do presente trabalho, comparado ao padrão de crescimento das árvores mais jovens, se assemelha mais ao crescimento de *A. angustifolia* em condições de floresta natural registrada por Stepka et al. (2014). As árvores jovens das classes 1 e 2 demonstram atingir mais imediatamente a culminação de seu crescimento potencial provavelmente devido ao estresse ambiental.

No entanto, a predominância de locais pavimentados e asfaltados nas áreas urbanas e industriais eleva as temperaturas do ar e do solo, que perdem a umidade. O espaço limitado de solo exposto dificulta a infiltração da precipitação pluvial e a aeração dos solos, o que diminui as características de um solo sadio para a vegetação (Poracsky; Scott, 1999). Portanto, se faz necessária a realização de estudos futuros que

contemplem as condições de solo para que a influência das áreas urbanas e industriais no crescimento das árvores seja melhor compreendida.

Conclusões

- Mesmo sob condições controladas de concentração de poluentes atmosféricos, *Araucaria angustifolia* aparenta sofrer interferência da poluição em seu crescimento, sendo de diferentes intensidades, de acordo com a fase de estabelecimento das árvores e a intensidade da poluição.
- Árvores jovens são mais vulneráveis aos impactos da urbanização, que podem ser decisivos para seus ciclos de vida. Isto reforça a importância de se preservar as árvores urbanas remanescentes.
- Quando há influência de poluição durante o ciclo de vida da árvore, pode ocorrer envelhecimento precoce, acelerando o período em que há a inflexão da curva de crescimento.

Referências

DAVISON, A. C.; HINKLEY, D. V. **Bootstrap methods and their application**. Cambridge series in statistical and probabilistic mathematics. Cambridge: Cambridge University, 1997. 582 p.

ESCOBEDO, F. J.; WAGNER, J. E.; NOWAK, D. J.; MAZA, C. L.; RODRIGUEZ, M.; CRANE, D. E. Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality. **Journal of Environmental Management**, v. 86, n. 1, p. 148-157, 2008.

HERMIDA, G. C. Agroforesteria periurbana una opción para la producción sustentable en los alrededores de Buenos Aires. **Revista Scientia Agroalimentaria**, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2015.

KÜCHELMEISTER, G. Trees for the urban millennium: urban forestry update. **Unasylva**, 200, v. 51, p. 49-55, 2000.

MALIK, I.; DANEK, M.; MARCHWINSKA-WYRWAL, E.; DANEK, T.; WISTUBA, M.; MAREK, K. Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) growth suppression and adverse effects on human health due to air pollution in the Upper Silesian Industrial District (USID), Southern Poland. **Water Air Soil Pollut**, v. 223, p. 3345-3364, 2012.

MUZIKA, R. M.; GUYETTE, R. P.; ZIENLONKAB, T.; LIEBHOLD, A. M. The influence of O₃, NO₂ and SO₂ on growth of *Picea abies* and *Fagus sylvatica* in the Carpathian Mountains. **Environmental Pollution**, v. 130, n. 1, p. 65-71, 2004.

NOWAK, D. J.; MCHALE, P. J.; IBARRA, M.; CRANE, D.; STEVENS, J. C.; LULLEY, C. J. Modeling the effects of urban vegetation on air pollution. In: AIR pollution modeling and its application XII. New York: Plenum, 1998. p. 399-407.

POPE III, C. A. Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill, Utah Valley. **American Journal of Public Health**, v. 79, n. 5, p. 623-628, 1989.

PORACSKY, J.; SCOTT, M. Industrial-area street trees in Portland, Oregon. **Journal of Arboriculture**, v. 25, n. 1, p. 9-17, 1999.

RINN, F. **TSAP V3.6**: reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg: Dipl.-Phys, 1996.

SILVA, M. N. da. Indústria e produção do espaço urbano em Araucária. **Revista Raega: O Espaço Geográfico em Análise**, v. 12, 2006.

SJÖMAN, H.; NIELSEN, A. B. Selecting trees for urban paved sites in Scandinavia: a review of information on stress tolerance and its relation to the requirements of tree planners. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 9, n. 4, p. 281-293, 2010.

STEPKA, T. F.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MATTOS, P. P. de; MACHADO, S. do A. Idade e dendrocronologia em árvores nativas de araucária, cedro e imbuia no Sul do Brasil. In: SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; RODRIGUES, A. L.; MOGNON, F. **Floresta com araucária**: pesquisas ecológicas de longa duração. Curitiba: Multi-Graphic, 2014. p. 117-163.

STRAVINSKIENE, V.; ERLICKYTE-MARČIUKAITIENE, R. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) radial growth dynamics in forest stands in the vicinity of "Akmenes cementas" plant. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v. 17, n. 3, p. 140-147, 2009.

WILCZYNSKI, S. The variation of tree-ring widths of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) affected by air pollution. **European Journal of Forest Research**, v. 125, n. 3, 2006. DOI: 10.1007/s10342-005-0106-2.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2018)



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

*Álvaro Figueredo dos Santos, Gizelda Maia
Rego, Guilherme Schnell e Schühli, Ivar
Wendling, Luis Cláudio Maranhão Froufe,
Maria Izabel Radomski, Marilice Cordeiro
Garrastazu, Valderês Aparecida de Sousa*

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa