

Crescimento e dinâmica de *Araucaria angustifolia* (Bert.)
O. Ktze. em fragmento de Floresta Ombrófila MistaGrowth and dynamics of *Araucaria angustifolia* (Bert.)
O. Ktze. in an Ombrophylous Mixed Forest remnantSara Moreira Beckert¹, Maria Augusta Doetzer Rosot² e Nelson Carlos Rosot³**Resumo**

Com o intuito de se conhecer os processos de dinâmica e crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., foi avaliado o comportamento das variáveis número de árvores.ha⁻¹, diâmetro médio, área basal.ha⁻¹ e volume.ha⁻¹ da espécie ao longo de oito anos consecutivos. Foram utilizadas medições de parcelas permanentes instaladas em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, localizado em Caçador – SC, que possui araucárias de grandes dimensões e sub-bosque ocupado por taquaras. Para tanto, avaliaram-se duas hipóteses: i) a produção e o crescimento das variáveis tendem a se manter estáveis ou a diminuir ao longo do tempo e; ii) o recrutamento de novos indivíduos é baixo ou inexistente. Os resultados obtidos demonstraram redução no número de árvores, na área basal e no volume em função da mortalidade e da ausência de ingressos no período. Verificou-se um acréscimo médio de cerca de 3 cm no diâmetro médio, variando de 75,9 cm a 78,6 cm, sendo o incremento periódico anual (IPA) médio de 0,33 cm.ano⁻¹. A área basal média teve um decréscimo de 4,80 m².ha⁻¹, variando de 32,7 m².ha⁻¹ a 27,9 m².ha⁻¹. A produção do volume médio por hectare teve uma redução de 78,4 m³.ha⁻¹ com um IPA negativo de 9,8 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Diferenças estatisticamente significativas foram detectadas principalmente em função de eventos climáticos que elevaram a taxa de mortalidade no terceiro e sexto ano de medição.

Palavras-chave: Parcelas permanentes, mortalidade, *Araucaria angustifolia*.

Abstract

In order to understand the dynamics and growth processes of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., this study evaluated the behavior of the following variables: number of trees, diameter, basal area.ha⁻¹ and volume.ha⁻¹ of this species over eight consecutive years by the measurement of permanent plots established in a remnant of Araucaria Forest, located in Caçador - SC, which presents large individuals of *A. angustifolia* and an understory occupied by bamboos. Therefore, two hypotheses were evaluated: i) growth and yield of the variables tend to remain stable or decrease over time and ii) recruitment of new individuals is low or nonexistent. The results show a reduction in the number of trees, in average basal area and stand volume per hectare due to mortality and absence of natural regeneration. There was an average increase about 3 cm in diameter, ranging from 75.95 cm to 78.57 cm, and the mean periodical annual increment (PAI) of 0.33 cm.year⁻¹. The average basal area decreased by 4.80 m².ha⁻¹, ranging from 32.75 m².ha⁻¹ to 27.95 m².ha⁻¹. Average volume per hectare decreased by 78.38 m³.ha⁻¹ with a negative PAI of 9.8 m³.ha⁻¹.year⁻¹. Statistically significant differences were noted mainly in response to weather events that have raised the rate of mortality in the third and sixth years of measurement.

Keywords: Permanent plots, mortality, *Araucaria angustifolia*.

INTRODUÇÃO

A maioria dos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com Araucária encontra-se, hoje, empobrecida pela extração predatória e seletiva dos últimos 60 anos (ROSOT et al., 2006). Além disso, a falta de

conhecimento de parâmetros para manejo de florestas naturais associada a uma legislação proibitiva tem contribuído para a redução e baixa diversidade dos remanescentes naturais da FOM, isolando os fragmentos restantes e submetendo-os a diferentes níveis de perturbação (HESS et al, 2010).

¹Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico – Campus III. 80210-170 – Curitiba – PR – E-mail: sara_beckert@yahoo.com.br.

²Engenheira Florestal, Pesquisadora Doutora. Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, Km 111, 83411-000, Colombo-PR. E-mail: augusta.rosot@embrapa.br.

³Engenheiro Florestal, Professor Doutor. UFPR – Universidade Federal do Paraná – do Departamento de Ciências Florestais. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico – Campus III. 80210-170 – Curitiba – PR – E-mail: ncrosot@ufpr.br

Propor um modelo de manejo para a FOM representa, portanto, um desafio, pela multiplicidade e fragilidade dos ecossistemas envolvidos, pelos inúmeros fatores e variáveis a considerar quando do planejamento de operações e pela falta de parâmetros técnicos suficientes e adequadamente validados por experiências anteriores (ROSOT, 2007).

Dados de medições periódicas de parcelas permanentes constituem uma valiosa fonte de informação sobre os processos de regeneração e da produtividade das florestas e os resultados de trabalhos científicos relativos à dinâmica da FOM têm sido reportados com base nessa metodologia (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010). No entanto, poucos estudos dispõem de medições anuais consecutivas em parcelas permanentes na Floresta com Araucária, como as relatadas por Rosot et al. (2008), Souza et al. (2008) e Sanquetta et al. (2010). O monitoramento anual da floresta possibilita – entre outros aspectos – a detecção de mudanças mais sutis provocadas por eventos climáticos ou distúrbios de várias naturezas, ocorridos, no máximo, no intervalo de um ano. Isso permite a investigação de possíveis relações de causa e efeito envolvendo crescimento e dinâmica. Outra vantagem é a oportunidade de se determinar períodos ótimos entre remedições, visando à minimização de custos e a manutenção da qualidade das informações.

Atualmente a produção da Floresta com Araucária se restringe à exploração de bracingais (fornecimento de lenha) e produtos não-madeireiros como erva-mate, plantas medicinais e ornamentais, frutas silvestres e pinhão (SANTOS; MÜLLER, 2006). No entanto, a espécie que dá nome a essa formação florestal – a araucária – já constituiu um dos principais produtos de exportação brasileira no período compreendido entre a 1ª e a 2ª Guerra Mundial, quando foi usada para o suprimento de madeira na Europa (EMBRAPA, 2010; KOCH; CORRÊA, 2010). O tronco reto, de forma cilíndrica e a qualidade da madeira (CARVALHO, 1994) a caracterizam como uma espécie potencialmente valiosa em termos econômicos.

Estudos efetuados em remanescentes da FOM não sujeitos a perturbações antrópicas significativas nos últimos 30 ou 40 anos indicam possível estagnação do crescimento (HESS et al., 2010) e declínio nas populações de araucária (VALERIANO, 2010). Em decorrência da alta longevidade e do grande tamanho das coníferas adultas, as populações permanecem como com-

ponentes dominantes da arquitetura e biomassa da floresta por longos períodos de tempo, embora demograficamente funcionando como populações remanescentes, que carecem de constante regeneração significativa (SOUZA et al., 2008). Mortalidade de indivíduos adultos, presença de bambus e baixo recrutamento são característicos de florestas degradadas e com restrições à regeneração natural (GALVÃO et al., 2009).

No sub-bosque da Floresta com Araucária uma das espécies de bambu que mais se destaca é *Merostachys skvortzovii* Send (taquara), principalmente nas áreas antropizadas (KELLERMANN, 2011), sendo comum, também, o gênero *Chusquea* na região sul do Brasil (TERRA et al., 2005). Observou-se, nos anos de 2005 e 2006, o fenômeno da floração, frutificação, seca e morte da taquara depois de um período em estado vegetativo (cerca de 30 anos), ocorrendo de forma sincrônica nas áreas de remanescentes da FOM (ROSOT et al., 2010). Tal fenômeno representa uma alteração de grande escala que pode afetar sobremaneira a dinâmica da regeneração arbórea em clareiras de origem natural ou antrópica (MUÑOZ; GONZÁLEZ, 2009).

Essa situação específica se verifica no fragmento de FOM – objeto deste estudo – com 1.157,48 hectares (KURASZ, 2005), localizado em Caçador – SC, onde se concentram araucárias de grandes dimensões (ROSOT et al., 2006), com um sub-bosque ocupado massivamente por taquaras, oriundas tanto de sementes dispersadas a partir do ano 2005, como também de reprodução vegetativa. As áreas da floresta com menor densidade de copas e, consequentemente, maior incidência de luz, incluindo-se clareiras de origem natural possuem as maiores concentrações de taquara.

O monitoramento dos efeitos da ocupação da taquara mostra que a espécie vem atuando como inibidora do processo sucessional, como sugerido no modelo de sucessão de Connell e Slatyer (1977, apud Kimmins, 2004). Segundo esse modelo, seu estabelecimento torna o ambiente menos propício para o recrutamento de espécies tanto de fases iniciais como tardias de sucessão. Assim, caso as condições permaneçam inalteradas, a taquara tende a excluir ou suprimir as espécies subsequentes (KELLERMANN, 2011).

No sentido de agregar informações referentes à dinâmica e ao crescimento de *A. angustifolia* nestas condições, o presente estudo avaliou o comportamento das variáveis número de árvores.ha⁻¹, diâmetro médio, área basal.ha⁻¹ e volu-

me.ha⁻¹ dessa espécie ao longo de oito anos consecutivos, com base em dados de medições em parcelas permanentes instaladas nesse fragmento. Pelo fato de as medições terem sido iniciadas em 2004 – um ano antes da seca da taquara – o levantamento reflete, também, os possíveis efeitos do fenômeno sobre a dinâmica da araucária nesse período. Considerando as condições presentes no fragmento estudado, foram testadas as seguintes hipóteses: i) a produção e o crescimento das variáveis medidas do povoamento tendem a se manter estáveis ou a diminuir ao longo do tempo e; ii) o recrutamento de novos indivíduos é baixo ou inexistente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho provêm de parcelas permanentes de área fixa, instaladas na Estação Experimental da Embrapa em Caçador (EEEC), localizada em Caçador, região centro-oeste do estado de Santa Catarina entre as coordenadas geográficas 26° 50' e 26° 55' de latitude sul e 50° 05' e 51° 00' de longitude oeste e compreendendo uma área de 1157,48 hectares (DLUGOSZ, 2005). A altitude da Estação Experimental varia de 900 m a 1.050 m, apresentando relevo suave-ondulado (EMBRAPA, 1997). O clima é mesotérmico subtropical úmido e, de acordo com Köppen, é classificado como Cfb (CALDATO, 1999).

A região na qual está inserida a EEEEC pertence à bacia hidrográfica do Rio Uruguai, sub-bacia do Rio do Peixe (DLUGOSZ, 2005). A classe de solo que predomina na Estação Experimental é a do tipo "Associação de Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico + Neossolo Litólico Distrófico típico, A moderado" (KURASZ et al., 2004).

As parcelas permanentes foram implantadas na área de forma aleatória nos estratos caracterizados pela predominância da espécie *Araucaria angustifolia*. Ao todo são dez parcelas de 2500 m², totalizando uma área amostrada de 2,5 hectares.

Durante o período de 2004 a 2012 foram coletados dados referentes a todos os indivíduos arbóreos presentes nas parcelas, cujo CAP (circunferência a 1,3 m) fosse igual ou superior a 62,8 cm (DAP maior ou igual a 20 cm). Em 2004, foram registrados para cada árvore seu nome vulgar, CAP, altura comercial e condição fitossanitária. Os CAPs foram obtidos por meio de medição com fita métrica de aço e, desde então, foram remeidos anualmente, sempre entre os meses de fevereiro e março. Os locais de me-

dição nos fustes foram pintados com tinta azul, recebendo manutenção anual. A altura comercial, considerada como a altura até a inserção do primeiro galho de cada árvore foi estimada com auxílio de régua dendrométrica, somente no ano de 2004. Nos anos seguintes foram registrados dados referentes à mortalidade e ingresso, além de reavaliações relativas à fitossanidade.

O presente trabalho – parte de um projeto mais amplo referente à análise da periodicidade de remedições em parcelas permanentes – considerou apenas os dados referentes à espécie *Araucaria angustifolia*. Foram avaliadas características de produção, crescimento e dinâmica para essa espécie, considerando-se o período de 2004 a 2012, com base nas variáveis: número de árvores.ha⁻¹, diâmetro médio, área basal.ha⁻¹ e volume.ha⁻¹.

O volume individual com casca para cada árvore foi obtido utilizando-se a equação [1], ajustada por Siqueira (1977) para a região de estudo. O volume por hectare foi obtido pela somatória dos volumes individuais,

$$V_{cc} = 0,03840416 + 0,52239325 * DAP^2 * h_{com} \quad [1]$$

em que:

V_{cc} = volume da árvore individual com casca, em metros cúbicos.

DAP = diâmetro à altura do peito, em metros.

h_{com} = altura comercial, em metros.

O crescimento considerando-se apenas indivíduos de *A. angustifolia* foi avaliado determinando-se o incremento corrente anual (ICA) para cada ano de medição, totalizando oito períodos e o incremento periódico anual (IPA) para o período completo (2004-2012), levando-se em conta a mortalidade.

A taxa anual de mortalidade foi calculada por meio da razão entre o número de árvores mortas entre duas medições consecutivas e o número de árvores vivas na medição anterior. Também foi calculada a taxa de mortalidade para o total do período considerado.

Os resultados em termos de número de árvores, diâmetro médio, área basal e volume foram submetidos, separadamente, a uma análise de variância de medidas repetidas para verificar a existência de diferenças significativas entre os valores de cada ano de medição. Os diferentes anos foram considerados como níveis do fator "tempo" (tratamentos) e, as parcelas, como blocos ou repetições, sendo utilizado o delineamento em blocos casualizados. Também se avaliou o comportamento das médias de cada

parcela no sentido de investigar a origem de possíveis diferenças na produção e crescimento ao longo do período considerado.

Inicialmente foram testados os pressupostos da ANOVA para, então, testar o efeito dos tratamentos por meio do teste de F. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significantes entre médias de tratamentos, estas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de árvores (N.ha⁻¹), mortalidade e ingresso

A primeira medição indicou que havia, em média, 69 indivíduos de *A. angustifolia* por hectare na área de estudo, número este que foi gradualmente diminuindo até a última medição oito anos depois, quando foram encontrados, em média, 57 indivíduos dessa espécie por hectare (Tabela 1 e Figura 1). Outros levantamentos na FOM apresentam valores mais altos, chegando a 119 ind.ha⁻¹ (SCHAAF, 2001), 83 ind.ha⁻¹ (DURIGAN, 1999), 128 ind.ha⁻¹ e 165 ind.ha⁻¹ (SANQUETTA et al., 2003). No entanto, as áreas estudadas por esses autores foram alteradas devido a corte seletivo de madeira e outras práticas antrópicas, retratando diferentes graus de sucessão. Portanto, diferentes intervenções em cada área de estudo e os diferentes critérios de

inclusão de diâmetros mínimos de medição prejudicam uma comparação direta de resultados.

Houve uma redução de 16,86% no número de árvores.ha⁻¹, ao longo dos oito anos de medição na área de estudo, o que equivale a uma taxa média de 2,11% ao ano (Tabela 2). As maiores taxas de mortalidade foram observadas entre os anos de 2006 e 2007 e entre 2009 e 2010. Eventos climáticos, representados por um vendaval de grandes proporções em 2006 e fortes chuvas com vento em 2009 e 2011, foram responsáveis pela queda de muitas árvores, que, por sua vez, derrubaram outras árvores ao cair. Na Tabela 1 pode-se observar que as parcelas 1, 6 e 7 foram as que sofreram maior redução no número de indivíduos em função de terem sido as mais afetadas pelos ventos. Outros decréscimos importantes foram devidos à mortalidade ou queda natural, ocorrendo em anos diversos.

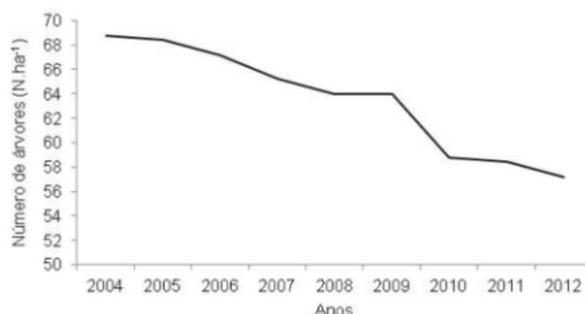


Figura 1. Número de árvores (N.ha⁻¹) entre os anos de 2004 e 2012.

Figure 1. Number of trees (N.ha⁻¹) between years 2004 and 2012.

Tabela 1. Número de araucárias (N.ha⁻¹) no período de 2004 a 2012, destacando-se os períodos com maiores taxas de mortalidade (em cinza).

Table 1. Number of trees (N.ha⁻¹) in the period 2004-2012, highlighting the periods corresponding to the highest mortality rates (in gray).

Parcelas	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	56	56	56	56	52	52	44	44	40
2	28	28	28	28	28	28	24	24	24
3	28	28	28	24	24	24	24	24	24
4	72	72	72	72	68	68	68	68	68
5	84	84	84	80	80	80	76	76	72
6	96	92	88	76	76	76	56	52	48
7	52	52	52	52	52	52	36	36	36
8	80	80	80	80	76	76	76	76	76
9	84	84	80	80	80	80	80	80	80
10	108	108	104	104	104	104	104	104	104
Média	69	68	67	65	64	64	59	58	57

Tabela 2. Variação anual e periódica (2004-2012) média em número de árvores por hectare e percentual de mortalidade e recrutamento.

Table 2. Mean periodic and annual variation (2004-2012) in number of trees per hectare and percentage mortality and recruitment.

Período	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2004-2012
Média de mortalidade	-0,4	-1,2	-2,0	-1,2	0,0	-5,2	-0,4	-1,2	-11,6
% mortalidade	0,58	1,75	2,98	1,84	0,00	8,13	0,68	2,05	16,86
% recrutamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estudos em florestas avançadas no processo sucessional nos trópicos têm demonstrado taxas de mortalidade anual com valores em torno de 1% a 2%, ou até superiores (GOMIDE, 1997). Schaaf (2001), por exemplo, observou mortalidade de 2,47% em um período de 20 anos (1,15%.ano⁻¹) para uma floresta localizada em São João do Triunfo – PR em estágio avançado de sucessão, submetida a corte seletivo de madeira e outras práticas antrópicas.

A ANOVA indicou diferenças significativas (p-valor<0,05) entre o número de árvores observado nos diferentes anos de medição. O decréscimo do número de árvores por hectare foi significativo ao se comparar as medições de 2007 e 2012, com uma diminuição de oito indivíduos de *A. angustifolia* por hectare, em média (Tabela 3). Tal resultado pode ser atribuído ao vendaval ocorrido em 2006 e também as fortes chuvas com vento em 2009 e 2011.

Tabela 3. Resultados do teste de Tukey para comparação de médias do número de árvores (N.ha⁻¹) relativo a cada ano de medição, ao nível de significância de 5%.

Table 3. Results of Tukey test for comparison of the mean number of trees (N.ha⁻¹) per each year of measurement, at a significance level of 5%.

Tratamentos	Médias em árvores (N.ha ⁻¹)
2004	69 ± 19,44 a
2005	68 ± 19,15 a
2006	67 ± 18,24 a
2007	65 ± 17,95 a b
2008	64 ± 17,84 a b c
2009	64 ± 17,84 a b c
2010	59 ± 18,98 b c
2011	58 ± 19,04 b c
2012	57 ± 19,13 c

Considerando que cerca de 69% da área basal da floresta são representados por indivíduos de *A. angustifolia* (LINGNER et al., 2007), caracteriza-se um padrão estrutural de monodominância (CONNEL; LOWMAN, 1989). Nesse tipo de floresta é comum haver baixas taxas de recrutamento, o que efetivamente foi observado no estudo.

Devido ao limite de inclusão diamétrica nas medições (DAP maior ou igual a 20 cm), não se pôde inferir o ingresso nas classes diamétricas inferiores a partir dos dados das parcelas permanentes para a espécie *A. angustifolia*, tampouco para outras espécies, não abordadas no presente artigo, que apresentaram ingressos durante o período. No entanto, observa-se, na área uma densa cobertura de gramíneas – incluindo-se *Merostachys sp* (taquara) – que podem inviabili-

zar o estabelecimento de regeneração natural da espécie. Além disso, a intensa coleta de pinhões pela população local que ocorre na área visando comercialização vem somar-se ao conjunto de hipóteses relativas à falta de regeneração natural da espécie como um provável fator coadjuvante.

Segundo o modelo de Lozenge de sucessão (OGDEN; STEWART, 1995, *apud* VALERIANO, 2010), as coníferas se estabelecem após grandes intervenções na floresta que proporcionarão a oportunidade de recrutamento. Porém a área de estudo não tem sofrido nenhum tipo de intervenção significativa nos últimos 30 anos e a abertura de clareiras se restringe a áreas onde ocorreu a queda de indivíduos de grande porte, quer seja em função dos vendavais, quer seja por mortalidade natural. Ainda não foram investigados detalhadamente os eventuais processos de regeneração ocorridos nas clareiras propriamente ditas, mas nas parcelas onde elas estão presentes, observa-se uma ocupação massiva de *Merostachys sp.* e ausência de plântulas de *A. angustifolia*.

Diâmetro médio (DAP)

A Figura 2 mostra os histogramas de frequência diamétrica para os anos de 2004 e 2012. A média de transição de indivíduos entre classes foi de aproximadamente 9 indivíduos.ha⁻¹, sendo mais concentrada entre as classes de DAP com centros em 65 e 75 cm. O estoque em crescimento, representado pelas classes inferiores (de 20 a 50 cm), sofreu uma redução no número de indivíduos, não compensada por ingressos que, de fato, não ocorreram ao longo dos oito anos de estudo, considerando o limite de inclusão (DAP maior ou igual a 20 cm).

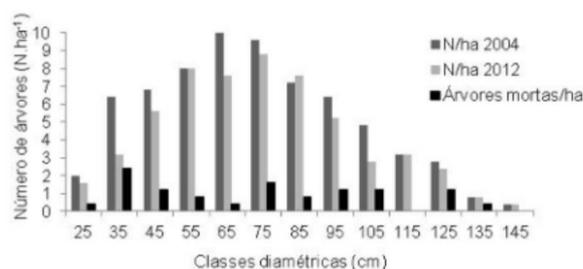


Figura 2. Distribuição do número médio de árvores por hectare por classe diamétrica, nos anos de 2004 e 2012.

Figure 2. Distribution of the mean number of trees per hectare by diameter class in 2004 and 2012.

A análise dos dados sugere uma tendência de aumento do diâmetro médio ao longo do período considerado (Figura 3), detectando-se diferenças significativas principalmente entre os

anos de 2005 e 2012 (Tabela 4). Do primeiro ao nono ano de medição houve um acréscimo médio de cerca de 3 cm no diâmetro médio, considerando-se a dinâmica da floresta, ou seja, mortalidade e ingresso (Tabela 4).

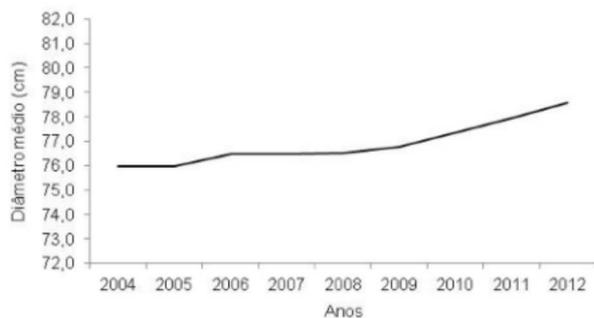


Figura 3. Comportamento do diâmetro médio (cm) entre os anos de 2004 a 2012.

Figure 3. Behavior of mean diameter (cm) from 2004 to 2012.

Tabela 4. Resultados do teste de Tukey para comparação de médias do diâmetro médio (cm) relativo a cada ano de medição, ao nível de significância de 5%.

Table 4. Results of Tukey test for comparison of mean diameter (cm) for each year of measurement, at a significance level of 5%.

Tratamentos	Médias em DAP (cm)	
2004	75,9 ± 8,2	a
2005	76,0 ± 7,8	a
2006	76,5 ± 7,8	a b
2007	76,5 ± 7,9	a b
2008	76,5 ± 7,9	a b
2009	76,8 ± 7,7	a b
2010	77,4 ± 7,8	a b
2011	77,9 ± 8,1	a b
2012	78,6 ± 8,0	b

Apesar de ter ocorrido mortalidade significativa em determinadas parcelas, como observado na tabela 1, houve pouca ou nenhuma redução em seus respectivos diâmetros médios. Em 2004 os 69 indivíduos.ha⁻¹ estimados para a população possuíam um DAP médio de cerca de 76 cm; em 2012, com 57 indivíduos.ha⁻¹, houve um incremento de cerca de 2,5 cm no diâmetro médio. Esses resultados mostram que, na média, após a queda e morte de árvores, prevalecem, na floresta, árvores de maiores dimensões.

A ANOVA permitiu constatar que o DAP médio apresenta valores que diferem estatisticamente

entre si (p-valor<0,05) ao longo dos anos de medição. Com base nos resultados do teste de Tukey (Tabela 4), no entanto, observa-se que as médias correspondentes aos dois primeiros anos de medição diferem daquela de 2012, ou seja, apenas após sete anos de crescimento, verificou-se um aumento significativo no diâmetro médio.

Em média, os maiores incrementos médios anuais em diâmetro foram encontrados entre os anos de 2011 e 2012 (Tabela 5), com um ICA de 0,63 cm. O incremento periódico anual médio (IPA) em diâmetro foi de 0,33 cm.ano⁻¹ para o período 2004-2012. Esse valor reflete o baixo crescimento dos indivíduos na fase clímax da floresta quando comparado a incrementos médios anuais (IMA) em diâmetro em povoamentos naturais de araucária, que podem chegar a 1 cm ou mais, considerando-se idades variando de 20 a 33 anos (HESS et al., 2009).

Área basal

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de área basal (m².ha⁻¹) em cada medição. Embora o diâmetro médio tenha aumentado em cerca de 3 cm do primeiro ao último ano do levantamento, essa tendência não se repetiu em relação à área basal devido à natureza diferente das duas variáveis. Ainda que diretamente correlacionadas, o diâmetro médio de cada parcela é calculado com base no número de árvores vivas a cada ano, enquanto a área basal é a somatória das áreas transversais individuais. Dessa forma, a mortalidade, associada à ausência de ingressos, é determinante com relação à diminuição da área basal. Na Figura 4 observa-se a tendência decrescente dessa variável ao longo do período estudado, com uma diferença de cerca de 15 % entre 2004 e 2012.

A ANOVA permitiu constatar diferenças significativas (p-valor<0,05) entre os valores de produção em área basal ao longo dos anos de medição. De acordo com os resultados do teste de Tukey (Tabela 6), as médias para os três primeiros anos de medição diferem daquelas correspondentes aos três últimos. Essa diferença foi observada exatamente no período de três anos entre o vendaval de 2006 e a tempestade de 2009, quando morreram ou caíram cerca de nove árvores por hectare, verificado em 2010 (Tabela 1).

Tabela 5. Incremento corrente anual (ICA) e incremento periódico anual (IPA) em diâmetro médio com casca, considerando-se a mortalidade.

Table 5. Current annual increment (CAI) and periodic annual increment (PAI) in diameter outside bark, considering mortality.

Período	ICA (cm)							IPA (cm.ano ⁻¹)	
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2004-2012
Média	0,01	0,53	0,00	0,02	0,27	0,58	0,58	0,63	0,33

Tabela 6. Resultados do teste de Tukey para comparação de médias de área basal relativa a cada ano de medição, ao nível de significância de 5%.

Table 6. Results of Tukey test for comparison of mean basal area for each year of measurement, at a level of significance of 5%.

Tratamentos	Médias de área basal (m ² .ha ⁻¹)
2004	32,7 ± 7,7 a
2005	32,4 ± 7,3 a
2006	32,4 ± 7,3 a
2007	31,5 ± 7,3 a b
2008	30,8 ± 7,1 a b
2009	31,0 ± 7,1 a b
2010	28,2 ± 6,3 b
2011	28,3 ± 6,3 b
2012	27,9 ± 6,0 b

O incremento corrente anual médio em área basal apresentou-se positivo apenas para os períodos 2008-2009 e 2010-2011 (Tabela 7), em virtude da ausência de mortalidade no período 2008-2009 e da baixa taxa de mortalidade no período 2010-2011, de apenas 4 árvores.ha⁻¹ (Tabela 2). O período 2009-2010 destacou-se pela maior redução em área basal no período considerado, de -2,85 m².ha⁻¹, decorrente da alta mortalidade apresentada no período. O incremento periódico anual médio em área basal foi de -0,60 m².ha⁻¹.ano⁻¹.

Tabela 7. Incremento corrente anual (ICA) e incremento periódico anual (IPA), em área basal, considerando-se a mortalidade.

Table 7. Current annual increment (CAI) and periodic annual increment (PAI) in basal area per hectare, considering mortality.

Período	ICA (m ² .ha ⁻¹)					IPA (m ² .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)			
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2004-2012
Média	-0,32	-0,02	-0,92	-0,67	0,21	-2,85	0,14	-0,36	-0,60

Tabela 8. Número de árvores (N.ha⁻¹), altura comercial (m) e volume (m³.ha⁻¹) por classe diamétrica, para o ano de 2004.

Table 8. Number of trees (N.ha⁻¹), merchantable height (m) and volume (m³.ha⁻¹) by diameter class in 2004.

Classes de DAP (cm)	Número de árvores (N.ha ⁻¹)	Altura comercial (m)	Volume (m ³ .ha ⁻¹)
20-30	2,0	13,8	2,0
30-40	6,4	18,3	5,1
40-50	6,8	19,5	8,4
50-60	8,0	20,2	13,0
60-70	10,4	21,8	19,6
70-80	9,6	22,8	27,6
80-90	7,2	23,1	34,8
90-100	6,4	24,5	45,2
100-110	4,8	24,4	57,0
110-120	3,2	24,3	67,3
120-130	2,8	24,1	77,6
130-140	0,8	25,5	97,6
140-150	0,4	25,0	113,1
Total	69		568,5

Volume por hectare

As grandes dimensões (altura e área transversal) dos indivíduos de *A. angustifolia* são responsáveis pelos altos valores em volume por hectare estimados por meio dos dados das parcelas permanentes (Tabela 8). O maior volume médio – observado no ano de 2004 – equivale a cerca de 500 m³.ha⁻¹, chegando a mais de 800 m³.ha⁻¹ em uma das parcelas medidas.

A produção em volume seguiu a mesma tendência decrescente da área basal, com uma redução de 15,4% no período considerado, sendo as maiores diferenças encontradas entre os três primeiros e os três últimos anos (Tabela 9). Em valores absolutos, a perda em volume médio desde a primeira medição, em 2004 até a última, em 2012 foi de 78 m³.ha⁻¹, em média. Os anos imediatamente subsequentes aos eventos climáticos de 2006 e 2009 mostraram as maiores quedas na produção em volume (Figura 4).

O incremento periódico anual médio em volume observado para a floresta ao longo de oito anos foi negativo, equivalendo a -9,8 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (tabela 10). Como esperado, a maior taxa negativa de incremento ocorreu entre os anos de 2009 e 2010, chegando a 48,6 m³.ha⁻¹ em média.

Tabela 9. Resultados do teste de Tukey para comparação de médias do volume com casca por hectare ($m^3 \cdot ha^{-1}$) relativo a cada ano de medição, ao nível de significância de 5%.

Table 9. Results of the Tukey test for comparison of mean volume outside bark per hectare ($m^3 \cdot ha^{-1}$) for each year of measurement, at a significance level of 5%.

Tratamentos	Médias em volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
2004	509,3 ± 139,8 a
2005	504,4 ± 134,6 a
2006	504,4 ± 134,4 a
2007	490,6 ± 135,3 a b
2008	480,6 ± 133,0 a b
2009	483,7 ± 133,4 a b
2010	435,1 ± 115,3 b
2011	437,2 ± 115,7 b
2012	430,9 ± 108,2 b

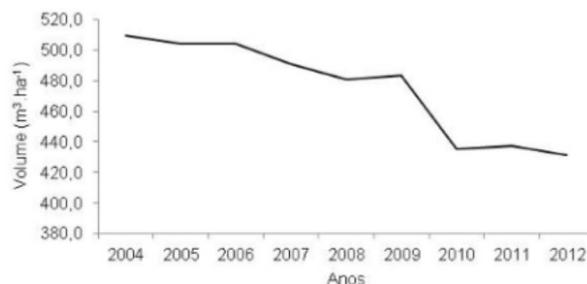


Figura 4. Comportamento do volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$) no período de 2004 a 2012.

Figure 4. Behavior of the volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$) in the period from 2004 to 2012.

Tabela 10. Incremento corrente anual (ICA) e incremento periódico anual (IPA), em volume por hectare, considerando-se a mortalidade.

Table 10. Current annual increment (CAI) and periodic annual increment (PAI), volume per hectare, considering mortality.

Parcelas	ICA ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					IPA ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)			
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2004-2012
Média	-4,984	-0,003	-13,796	-10,033	3,127	-48,596	2,100	-6,302	-9,798

CONCLUSÕES

Os resultados confirmam as duas hipóteses apresentadas de que a produção e o crescimento relativo às variáveis tendem a se manter estáveis ou a diminuir ao longo do tempo e de que o recrutamento de novos indivíduos é baixo ou inexistente.

Analisando a dinâmica das árvores de araucária, verifica-se, de modo geral, baixas taxas de incremento, devido à intensa competição e à pouca disponibilidade de luz nos estratos inferiores. Estes mesmos fatores explicam a superioridade das taxas de mortalidade em relação às de ingresso, o que pode indicar uma tendência de desaparecimento da espécie na área em estudo, se nenhuma intervenção silvicultural for efetuada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDATO, S. L.; LONGHI, S. J.; FLOSS, P. A. Estrutura populacional de *Ocotea porosa* (Lauraceae) em uma Floresta Ombrófila Mista, em Caçador (SC). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 89-101, 1999.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo: EMBRAPA, 1994. 640 p.

CONNEL, J.H.; LOWMAN, M.D. Low diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. *The American Naturalist*, Chicago, v. 34, n. 1, p.88-119. 1989. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/10938647/Connell-e-Lowman-1989-LowDiversity-Tropical-Rain-Forest-Some-Possible-Mechanims-for-Their-Existence>>. Acesso em fev. 2013.

DLUGOSZ, F. E. *Classificação orientada a regiões na discriminação de tipologias da Floresta Ombrófila Mista usando imagens orbitais Ikonos*. 2005. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

DURIGAN, M. E. *Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR*. 1999. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

EMBRAPA. *Cultivo da Araucária*. Sistemas de produção, 7, 2ª. Edição. 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2ed/>. Acesso em fev. 2013.

- EMBRAPA / EPAGRI. **Reserva Florestal da EMBRAPA /EPAGRI de Caçador – Plano Diretor**. Caçador, 1997. 20 p.
- FIGUEIREDO FILHO, A., DIAS, A. N., STEPKA, T. F., SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. Curitiba, PR, **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.
- GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. R.; CURCIO, G. R.; DOMANOWSKI, B. P.; KOZERA, C.; SAWCZUK, A. T.; BONNET, A. Autoecologia de *Guadua* aff. *paraguayana* (Poaceae). **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 5-16, jan./jul. 2009.
- GOMIDE, G. L. A. **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá**. 1997. 172 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1997.
- HESS, A. F., CALGAROTTO, A. R., PINHEIRO, R., WANGINIÁK, T. C. R. Propostas de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento , em propriedade rural no município de Lages, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo. v. 30, n. 64, p.337-345, nov./dez.2010.
- HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade, em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2009.
- KELLERMANN, B. **Monitoramento da regeneração natural em fragmento de Floresta Ombrófila Mista e morfoanatomia de plântulas e tírodendros de *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme (Asteraceae)**. 2011. 140 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.
- KIMMINS, J. P. **Forest Ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry**. 3 Ed. Minnesota: Pearson Prentice Hall, p. 2004. 611 p.
- KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil Meridional**. 2. Ed. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2010. 168 p.
- KURASZ, G. **Sistema de informações geográficas aplicado ao zoneamento ambiental da Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador/SC**. 2005, 158 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- KURASZ, G.; DLUGOSZ, F.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C. Adequação da fazenda experimental à legislação fundiária e ambiental: estudo de caso. In: DISPERATI, A. A.; SANTOS, J. R. (Ed.) **Aplicações de geotecnologias na engenharia florestal**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2004, p. 286-287.
- LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; DLUGOSZ, F. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila no Planalto Catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 55-66, jul./dez. 2007.
- MUÑOZ, A. A.; GONZÁLEZ, M. E. Patrones de regeneración arbórea en claros a una década de la floración y muerte masiva de *Chusquea quila* (Poaceae) en un remanente de bosque antiguo del valle central en el centro-sur de Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, Santiago, v. 82, p. 185-198, 2009.
- OGDEN, J.; STEWART, G. H. Community dynamics of the New Zealand conifers. In: Enright, N. J.; Hill, R. S. (Ed.). **Ecology of the southern conifers**. Melbourne: Melbourne University Press. p. 81-119. 1995.
- ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção da Floresta com Araucária? **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 75-85, jul./dez. 2007.
- ROSOT, M. A. D.; LUZ, J.; CRUZ, P.; ROSOT, N. C.; OLIVEIRA, Y. M. M. O uso de parcelas permanentes no plano de ordenação da Reserva Florestal Embrapa/Epagri. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DINÂMICAS DE FLORESTAS, 1., 2008, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 1 CD-ROM. Resumo 60.
- ROSOT, M. A. D.; NASCIMENTO, L. A.; GARRASTAZU, M. C.; OLIVEIRA, Y. M. M.; LACERDA, A. E. B.; BAGGIO, A. J. **Uso do SIG no monitoramento de experimentos de regeneração artificial com essências nativas em um fragmento de Floresta de Araucária**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 8 p. (Comunicado técnico Embrapa Florestas, 258).

- ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M.; RIVERA, H.; CRUZ, P.; MATTOS, P. P. Desarrollo de un modelo de plan de manejo para áreas protegidas en bosques con araucaria en el sur de Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 2., 2006, La Serena. **Proceedings...** Santiago: INFOR/FAO, 2006. p. 110.
- SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 101-112, jan./jun. 2003.
- SANQUETTA, C. R.; THIELE, P.; DALLA CORTE, A. P. Crescimento, mortalidade e recrutamento de duas Florestas de Araucária no Estado do Paraná, Brasil, no período de 1995-2007. **Naturalia**, Rio Claro, v. 33, p. 117-126, 2010.
- SANTOS, A. J.; MÜLLER, A. C. Produtos não-madeireiros e serviços da floresta de araucária. In: SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. **Perspectivas de recuperação e manejo sustentável das florestas de araucária**. Curitiba: Multi-Graphic, 2006. p. 235-264.
- SCHAAF, L. B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do Paraná**. 2001. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- SIQUEIRA, J. D. P. **Tabelas de volume para povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze, no Sul do Brasil**. 1977. 163 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1977.
- SOUZA, A. F.; FORGIARINI, C.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Regeneration patterns of a long-lived dominant conifer and the effects of logging in southern South America. **Acta oecologica**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 221-232, 2008.
- TERRA, G.; SILVA MATOS, D. M.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Considerações sobre a fragmentação da Floresta Ombrófila Mista e o ciclo de vida das taquaras. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM FLORESTA COM ARAUCÁRIA, 2005, Curitiba. **Resumos**. Colombo: Embrapa Florestas; Curitiba: Projeto Paraná Biodiversidade, 2005. 1 CD-ROM.
- VALERIANO, D. D. B. **Dinâmica da floresta ombrófila mista altomontana, Campos do Jordão, São Paulo**. 2010. 176 p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

Recebido em 29/07/2013
Aceito para publicação em 13/03/2014