

CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DA *Araucaria columnaris* Forster & Hooker EM SANTA MARIA - RS

César Augusto Guimarães Finger*
Alexandre Gonçalves Fajardo**

RESUMO

A *Araucaria columnaris* Forster & Hooker é uma espécie cultivada como árvore ornamental no sul do Brasil, não havendo informações sobre o seu crescimento e de sua utilização em reflorestamentos. Sua copa estreita e longa propicia o crescimento em espaços reduzidos o que é de interesse em plantios comerciais. A avaliação do crescimento diamétrico realizada pela análise de tronco, a partir de uma fatia transversal, permitiu determinar que o incremento corrente anual culminou aos 21 anos com 1,41 cm e, o incremento médio anual aos 31 anos com 1,18 cm, demonstrando o bom potencial de crescimento da espécie. A comparação destas taxas de crescimento com a de *Pinus elliottii* L. e de *Araucaria angustifolia* Bert. O.Ktze. permitiu caracterizar a *Araucaria columnaris* Forster & Hooker como a de menor aceleração de crescimento entre as três espécies estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Crescimento, diâmetro, *Araucaria*, *Pinus*.

* Eng^o Florestal, Dr., Prof Adjunto, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, 97.119-900 Santa Maria,RS. Bolsista do CNPq.

** Acadêmico do Curso de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista do CNPq.

DIAMETER GROWTH OF *Araucaria columnaris* Forster & Hooker IN SANTA MARIA - RS

SUMMARY

Araucaria columnaris is a specie cultivated as ornamental tree in South Brazil, with no information available about its growth and possibility of use in forests plantations. Its atrait treetop makes it possible to grow in reduced spacing, what is of great interest for commercial plantations. The evaluation of growth, realized through the trunk analysys, using a transversal cut, permitted to determinate that the current annual growth culminated in the 21st. year with 1,41cm, and, the average annual growth in the 31st. year with 1,18cm, showing a good potencial of the specie growth. The comparaiso between there results with the ones available for *Pinus elliottii* L. and *Araucaria angustifolia* Bert.O. Ktze. permitted us to conclude that *Araucaria columnaris* Forster&Hooker has the lowest decrease in growth between these three species.

KEY WORDS: Growth, diameter, *Araucaria*, *Pinus*.

INTRODUÇÃO

A *Araucaria columnaris* é uma espécie originada da Nova Caledônia, ilha do Pacífico Sul, localizada à 22° de latitude sul, próxima ao continente australiano.

No local de origem alcança até 65 metros de altura, apresentando a particularidade de desprender os ramos inferiores que são posteriormente substituídos por outros menores. A copa da árvore assemelha-se a uma densa coluna verde-escura e é formada por acículas pungentes, de forma ovada quando adulta.

Segundo REITZ (1986), o estróbilo masculino apresenta entre 3-4 cm de comprimento, os cones são elípticos quando frutificados, em geral mais longos quando maduros, alcançando entre 8 a 10 cm de comprimento. A semente é central, margeada por alas bem desenvolvidas, apresentando em média 1,7 cm de largura, com um espinho terminal de 1,1 cm de comprimento.

No sul do Brasil esta espécie é utilizada como planta ornamental em praças e jardins, sendo conhecida pelos nomes de araucária colunar, pinheiro-de-natal, pinheiro-alemão, e tannenbaum na região de colonização alemã, em Santa Catarina, onde frutifica com abundância. Neste estado é cultivada na maioria dos municípios litorâneos também como ornamental em praças, jardins e até em dunas, pois resiste bem ao sal e a maresia. Suas sementes, entretanto, apresentam baixa fertilidade, sendo encontradas cerca de 10 % de sementes viáveis (REITZ, 1986).

A mais de setenta anos, árvores do gênero *Araucaria*, dentre elas a *columnaris*, foram introduzidas nos países da África Oriental e Costa Rica como exóticas. Na Costa Rica, Uganda e Tanzania foram utilizadas unicamente como árvores ornamentais, mas no Kenia foram estabelecidas, em 1911 e 1927, parcelas experimentais para reflorestamento. Estas árvores produziram sementes propiciando o estabelecimento de mais parcelas experimentais e algumas para plantações comerciais durante o período de 1956 a 1962. As árvores frutificaram durante muitos anos, mas as primeiras sementes férteis só foram obtidas aos 27 anos de idade (Willian apud DYSON, 1979).

Segundo o mesmo autor a coleta e armazenamento de sementes exige cuidado e atenção em todos os detalhes, pois precisam ser coletadas rapidamente pois são muito apreciadas por pequenos roedores, insetos ou mofarem. A escassez de sementes limita a utilização da espécie em grande escala. Uma alternativa tem sido a estaquia, pois estacas de brotos jovens se propagam bem com a utilização de um substrato e um propagador.

Os experimentos realizados na África Oriental mostraram que o crescimento das plantações de *Araucaria columnaris* foi menor que o de *Pinus patula* nos mesmos sítios. Entretanto, resultado contrário foi observado em parcelas amostrais implantadas na vertente atlântica da Costa Rica.

Embora a espécie seja cultivada já a muitos anos no sul do Brasil, são desconhecidas, entre nós, informações sobre seu crescimento em povoamentos florestais. Observa-se entretanto que, em jardins e parques, crescendo como árvore isolada, apresenta forte dominância apical, conservando copa longa e estreita, com galhos finos mesmo em árvores velhas e de diâmetro avantajado.

A simples observação destas árvores permite afirmar que, a relação diâmetro da copa e diâmetro da árvore, relação b/d, descrita por ASSMANN (1970), mostra valores baixos, o que é altamente desejável, pois demonstra a capacidade de alcançar determinado diâmetro em pequena superfície de solo a

ser coberta pela copa da árvore. Da mesma forma, esta espécie mostra uma grande percentagem de copa (expressa pela relação do comprimento de copa com a altura total da árvore), apresentando, então, copa estreita e longa o que possibilitaria crescer em povoamentos de espaçamento reduzido, isto é com maior número de árvores por unidade de área do que os pinus empregados em reflorestamentos nesta região.

Assim, o presente estudo teve por objetivo quantificar o crescimento em diâmetro de árvores de *Araucaria columnaris* que crescem em jardim, expressando-o em forma de incremento médio e corrente anual, bem como de forma cumulativa.

MATERIAL E MÉTODO

Para avaliação do crescimento passado foram utilizadas fatias do tronco de duas árvores de *Araucaria columnaris* que cresciam em jardim, espaçadas entre si com mais de 5 m.. As árvores são originadas da cidade de Santa Maria situada na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, com latitude 29° 41' 51" Sul e longitude 5° 07' 15" Oeste, e altitude de 138 m. O clima local, segundo a classificação de Köppen é Cfa, (MORENO, 1961 e MOTA et al., 1971).

As fatias do tronco, com aproximadamente 5 cm de espessura foram coletadas a 10 cm do nível do solo, em duas árvores. Após a secagem ao ar livre, as mesmas foram lixadas para melhor visualização dos anéis de crescimento. A seguir foram traçados quatro raios a partir da medula em direção a casca, sendo primeiro coincidente com o maior diâmetro da secção e , os demais à 90° deste. Sobre cada um dos raios foram determinadas a dimensão dos anéis de crescimento com auxílio de uma lupa e de um escalímetro, de acordo com o apresentado por FINGER(1992). Nas duas árvores não foi possível obter fatias em outras posições do tronco, pois os mesmos já haviam sido removidos para a serraria.

Os resultados foram tabulados e a seguir, calculado o raio médio, correspondendo a média aritmética dos quatro raios de um mesmo anel anual de crescimento. Os dados serviram para a determinação da idade das árvores, da curva de crescimento, bem como dos incrementos médio e corrente anual em diâmetro de cada uma das árvores amostra. Os resultados de incrementos foram

ainda modelados por regressão e expressos por modelo matemático, tendo sido geradas, para cada árvore, regressões com as variáveis dependentes IMA, ICA, $\ln(\text{IMA})$, $\ln(\text{ICA})$ e como variáveis independentes a idade (t), e suas transformadas t^2 , t^3 , $1/t$, $1/t^2$ e $\ln(t)$.

Os incrementos médio anual (IMA) e corrente anual (ICA) foram determinados, respectivamente, pelas expressões 1 e 2.

$$\text{IMA} = d_i / \text{idade} \quad (1)$$

$$\text{ICA} = d_{(i+1)} - d_i \quad (2)$$

Onde: d_i = diâmetro na idade i .

A fim de comparar os resultados obtidos da *Araucaria columnaris* com o crescimento de espécies tradicionais na silvicultura foram realizadas análises de tronco em fatias de *Pinus elliottii*, com 36 anos de idade que crescia na Estação Experimental de Silvicultura de Boca do Monte, em Santa Maria, e de uma *Araucaria angustifolia* proveniente da Floresta Nacional de Passo Fundo, Passo Fundo, RS.

As fatias do tronco também foram tomadas a 10 cm em relação ao nível médio do solo e mensuradas como descrito acima. Os dados de incremento de cada uma das árvores foram, então, ajustados através de modelagem pelo processo "stepwise" do pacote SAS(1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de tronco permitiu determinar que as árvores 1 e 2 da espécie *Araucaria columnaris* haviam alcançado as idades de 34 e 32 anos, respectivamente.

A medição dos anéis anuais de crescimento sobre quatro raios, e o cálculo do valor médio, permitiram determinar o diâmetro da árvore em cada idade e os incrementos médio (IMA) e corrente anual (ICA) para as árvores 1 e 2, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1: Diâmetro e incremento médio anual (IMA) e corrente anual(ICA) de duas árvores amostra de *Araucaria columnaris*.

ÁRVORE 1				ÁRVORE 2			
IDADE	DIÂMETRO	IMA	ICA	IDADE	DIÂMETRO	IMA	ICA
1	0,35	0,35	0,35	1	0,35	0,35	0,35
2	0,65	0,33	0,30	2	0,85	0,43	0,50
3	1,00	0,33	0,35	3	1,25	0,42	0,40
4	1,60	0,40	0,60	4	2,10	0,53	0,85
5	2,40	0,48	0,80	5	2,85	0,57	0,75
6	3,50	0,58	1,10	6	3,65	0,61	0,80
7	4,45	0,64	0,95	7	4,55	0,65	0,90
8	5,60	0,70	1,15	8	5,45	0,68	0,90
9	6,60	0,73	1,00	9	6,50	0,72	1,05
10	7,70	0,77	1,10	10	7,40	0,74	0,90
11	8,45	0,77	0,75	11	8,70	0,79	1,30
12	9,75	0,81	1,30	12	10,00	0,83	1,30
13	11,10	0,85	1,35	13	11,50	0,88	1,50
14	12,40	0,89	1,30	14	13,40	0,96	1,90
15	14,10	0,94	1,70	15	14,95	1,00	1,55
16	15,25	0,95	1,15	16	16,85	1,05	1,90
17	16,90	0,99	1,65	17	18,40	1,08	1,55
18	18,00	1,00	1,10	18	20,40	1,13	2,00
19	19,45	1,02	1,45	19	22,55	1,19	2,15
20	21,10	1,06	1,65	20	24,35	1,22	1,80
21	22,10	1,05	1,00	21	26,40	1,26	2,05
22	23,80	1,08	1,70	22	28,45	1,29	2,05
23	25,55	1,11	1,75	23	30,40	1,32	1,95
24	26,95	1,12	1,40	24	32,40	1,35	2,00
25	28,00	1,12	1,05	25	34,15	1,37	1,75
26	29,80	1,15	1,80	26	35,65	1,37	1,50
27	31,15	1,15	1,35	27	37,70	1,40	2,05
28	32,60	1,16	1,45	28	39,25	1,40	1,55
29	33,60	1,16	1,00	29	40,25	1,39	1,00
30	34,90	1,16	1,30	30	42,05	1,40	1,80
31	36,05	1,16	1,15	31	43,40	1,40	1,35
32	37,40	1,17	1,35	32	44,65	1,40	1,25
33	38,50	1,17	1,10				
34	39,40	1,16	0,90				

Os valores de diâmetro calculados a partir dos raios medidos em cada uma das fatias permitiram construir as curvas de crescimento em diâmetro para as árvores 1 e 2, conforme apresentado na Figura 1.

Nesta, observa-se que as curvas de crescimento ainda não apresentam assíntota, indicando que as árvores apresentavam bom potencial de crescimento em diâmetro. Ainda observa-se que a partir da idade de 12 anos a árvore de número 1 apresentou menor crescimento diamétrico do que a de número 2, embora estivessem crescendo a poucos metros de distância uma da outra.

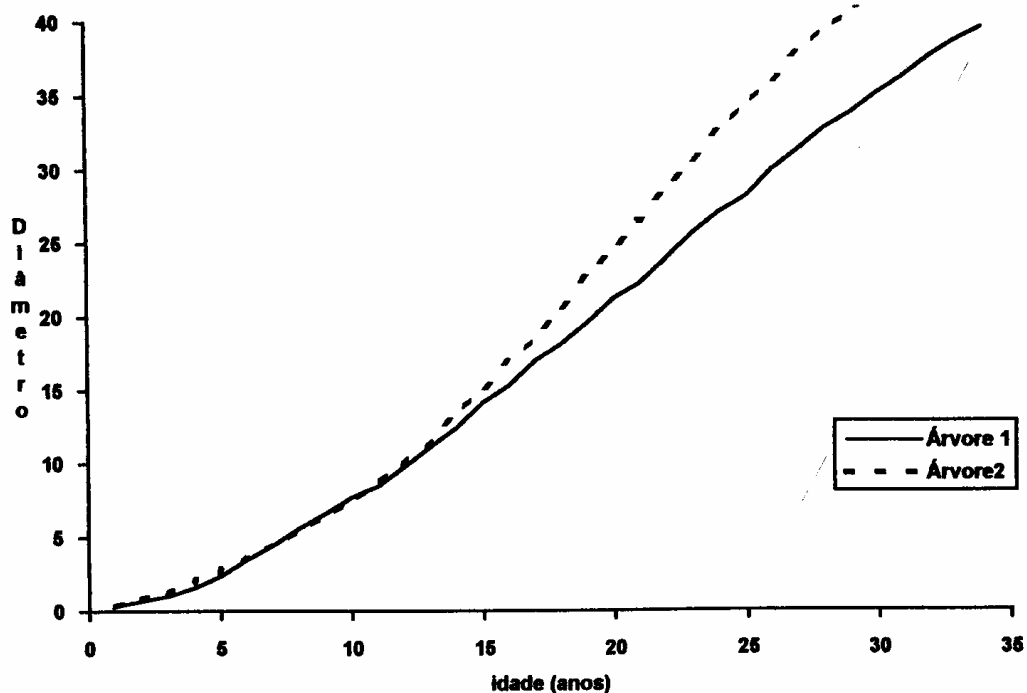


FIGURA 1: Curva de crescimento diamétrico de duas árvores isoladas de *Araucaria columnaris*.

Os dados apresentados na Tabela 1 possibilitaram traçar as curvas de incremento em diâmetro (IMA e ICA)

Na Tabela 2 são apresentados os modelos calculados e na Tabela 3 os coeficientes e estatísticas de coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa em percentagem da média (Syx %) das regressões modeladas para descrever os incrementos.

TABELA 2: Modelos para descrever o incremento médio e incremento corrente em diâmetro das árvores de *Araucaria columnaris*.

Nº	MODELO
1	1- IMA = $b_0 + b_1 t^3 + b_2 1/t + b_3 t^2 + b_4 \ln t$
	2- ln IMA = $b_0 + b_1 t + b_2 1/t^2 + b_3 \ln t$
	3- ICA = $b_0 + b_1 t^3 + b_2 1/t + b_3 1/t^2 + b_4 \ln t$
	4- ln ICA = $b_0 + b_1 t^3 + b_2 \ln t$
2	5- IMA = $b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 \ln t$
	6- ln IMA = $b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 1/t^2 + b_4 \ln t$
	7- ICA = $b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 \ln t$
	8- ln ICA = $b_0 + b_1 t + b_2 t^3 + b_3 \ln t$

TABELA 3: Coeficientes e estatísticas de ajuste (R^2) e precisão (Syx %) calculados para os modelos da Tabela 2.

Árv Nº	MODELO	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2	Syx %
1	1	-0,6398	-4,7600 E-6	1,2510	-0,2590	0,5556	0,99	1,9
	2	-1,9589	-2,3424 E-2	0,9424	0,8260	-	0,99	10,1
	3	0,3550	-2,1250 E-5	0,7044	0,6651	-	0,70	19,5
	4	-1,3459	-2,1990 E-5	0,6310	-	-	0,79	18,4
2	5	0,3522	-8,6149 E-3	3,2381 E-3	-7,2680 E-5	0,1064	0,99	1,7
	6	-1,2198	1,9167 E-3	-4,9640 E-5	0,1724	0,3443	0,99	3,6
	7	0,2712	0,1571	-1,0239 E-4	-0,2265	-	0,86	15,1
	8	-1,1100	7,6121 E-2	-6,650	0,2462	-	0,90	11,5

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que tanto os modelos aritméticos como os logarítmicos, gerados para descrever o incremento médio anual (IMA) das árvores amostras, alcançaram valores de coeficiente de determinação (R^2) iguais à 0,99.

Por outro lado, a estatística de erro padrão residual (Syx %), dos modelos aritméticos tem valores inferiores a 2% enquanto os logarítmicos apresentam valores de 10 e 4%, respectivamente, para as árvores 1 e 2, ficando assim evidenciado a superioridade dos modelos 1 e 5, para descrever o incremento médio anual destas árvores.

Os modelos gerados para descrever o ICA mostraram valores de R^2 da ordem de 0,70 e 0,86 nos modelos aritméticos e de 0,79 e 0,90 para os modelos logarítmicos, enquanto o Syx % variou entre 19,5 e 15,1 % nos modelos aritméticos e 18,4 a 11,5 % para os logarítmicos. Assim, de acordo com os critérios de seleção, o melhor modelo para descrever o ICA da árvore 1 é o de número 4, e da árvore 2 o número o 8.

Para a certificação dos modelos selecionados foram efetuados para cada equação selecionada a análise de resíduos, não se encontrando tendências nas estimativas da variável dependente.

Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas as curvas de IMA e ICA, observadas e calculadas pelo modelo matemático, para as árvores 1 e 2, respectivamente, onde se verifica o bom ajuste dos modelos matemáticos.

Nestas curvas também se observa que o culminio do incremento médio em diâmetro ocorreu aos 31 anos de idade para as duas árvores que cresceram isoladas, isto é, sem concorrência lateral.

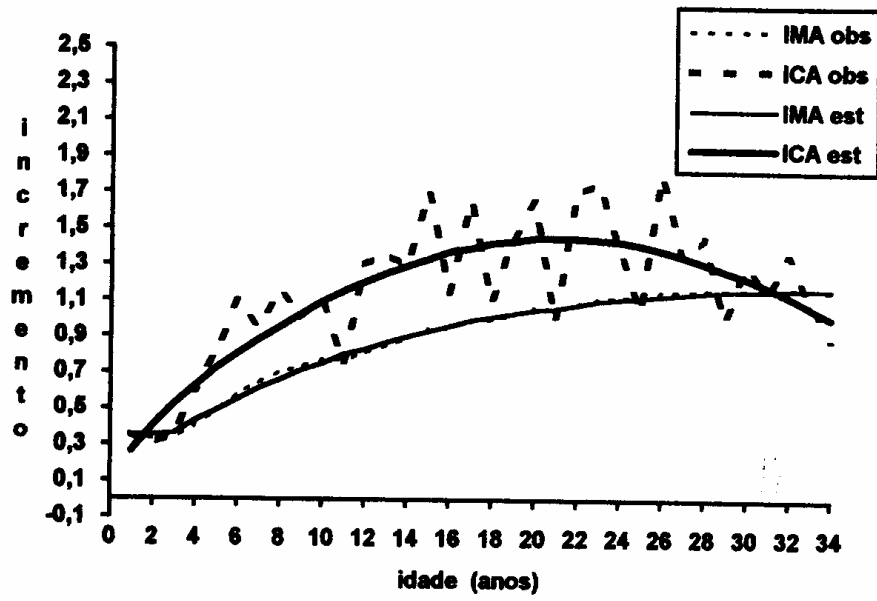


FIGURA 2: Curvas de IMA e ICA observadas e calculadas para a árvore 1

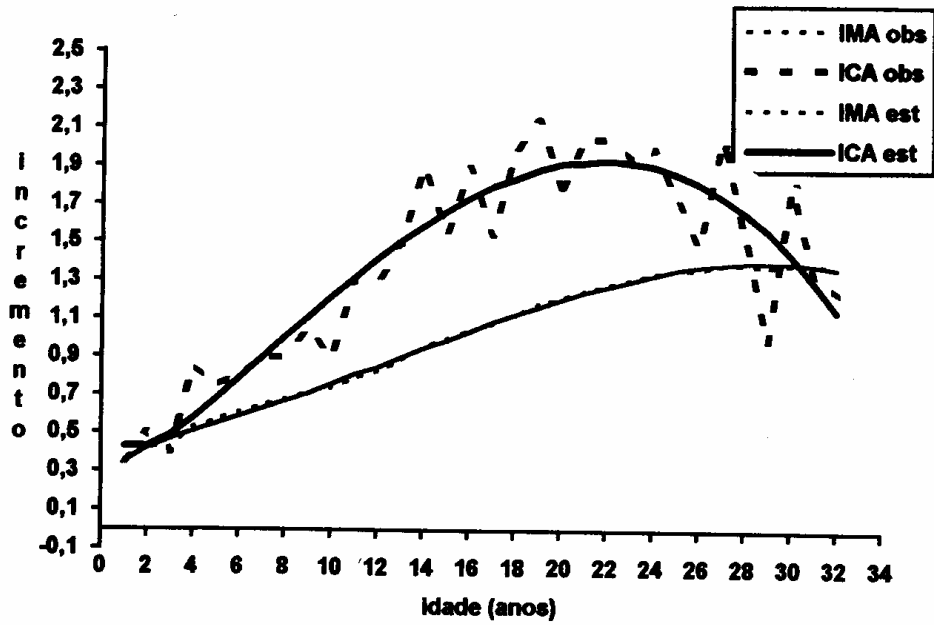


FIGURA 3 : Curvas de IMA e ICA observadas e calculadas para a árvore 2

Os valores de incremento médio e corrente de *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*, também mensurados em análise de tronco e ajustados aos modelos 1 e 3 da Tabela 2, forneceram os estimadores b 's para descrever os incrementos em relação a variação da idade das árvores. Na Tabela 4 são apresentados estes coeficientes, o coeficiente de determinação e o erro padrão residual em percentagem da média para o modelo ajustado.

As equações geradas para descrever o IMA apresentam R^2 igual a 0,90 e 0,98 e, Syx igual a 6,8 e 4,5 %, respectivamente, para o *Pinus* e *A. angustifolia*. Já as equações para descrever o ICA tem R^2 igual a 0,55 e 0,64 com Syx igual a 49 e 24 %, respectivamente para o *Pinus* e *A. angustifolia*.

TABELA 4: Coeficientes e estatísticas de ajuste (R^2) e de erro (Syx %) calculados para os modelos da Tabela 2 para *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*.

Árv	MODELO	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2	Syx%
Pinus	1 - IMA	-0,2501	8,3241 E-5	0,8135	-0,0046	0,9849	0,90	6,8
	3 - ICA	10,5925	2,2677 E-5	-20,8783	10,8840	-2,9371	0,55	49,0
Araucaria	1 - IMA	-1,0519	2,9889 E-5	1,4318	-0,0019	0,8639	0,97	4,5
	3 - ICA	3,6271	-1,5240 E-5	-8,8096	5,5538	-0,6665	0,64	24,0

Embora os valores de Syx % sejam altos, os testes de resíduos não demonstram tendências da variável estimada. Da mesma forma, os valores de R^2 iguais a 0,55 e 0,64, relativamente baixos, não representam problemas no modelo matemático empregado mas refletem a baixa inclinação da curva, isto é, há baixa inclinação em relação ao eixo x, conforme mostram as Figuras 4 e 5.

O bom ajuste apresentado pelos modelos de regressão 1 e 3 para os descrever os incrementos de *Pinus* e *A. angustifolia* permitiram comparar graficamente o desenvolvimento do incremento médio e corrente destas espécies com o de *A. columnaris* (Figuras 6 e 7).

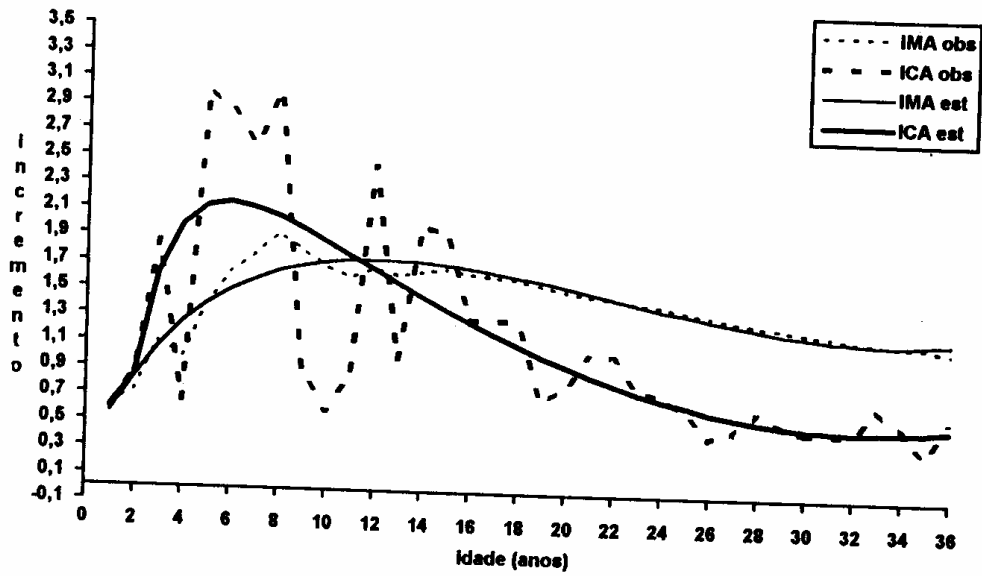


FIGURA 4: Curvas de IMA e ICA observadas e calculadas para *Pinus elliotii*.

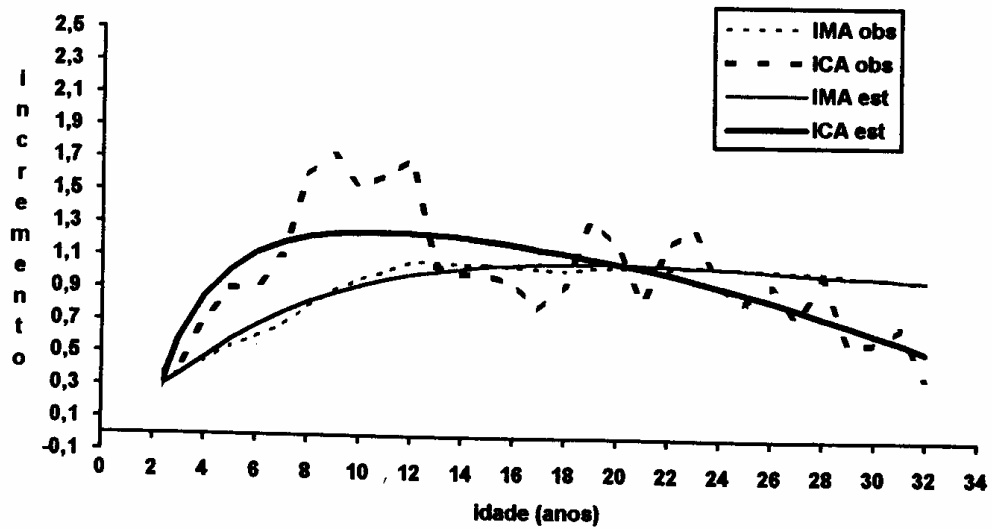


FIGURA 5: Curvas de IMA e ICA observadas e calculadas para *Araucária angustifolia*.

A Figura 6 mostra que o ponto de máximo do incremento corrente anual ocorre aos 6 anos para o *Pinus elliottii* com 2,15 cm e aos 21 anos para a *A. columnaris*, que alcança, nesta idade, 1,41 cm. Por outro lado, o máximo incremento médio ocorre, respectivamente, aos 11 anos com 1,75 cm, e aos 31 anos com 1,18 cm, para estas espécies, evidenciando a maior aceleração de crescimento do *Pinus* do que a *A. columnaris*.

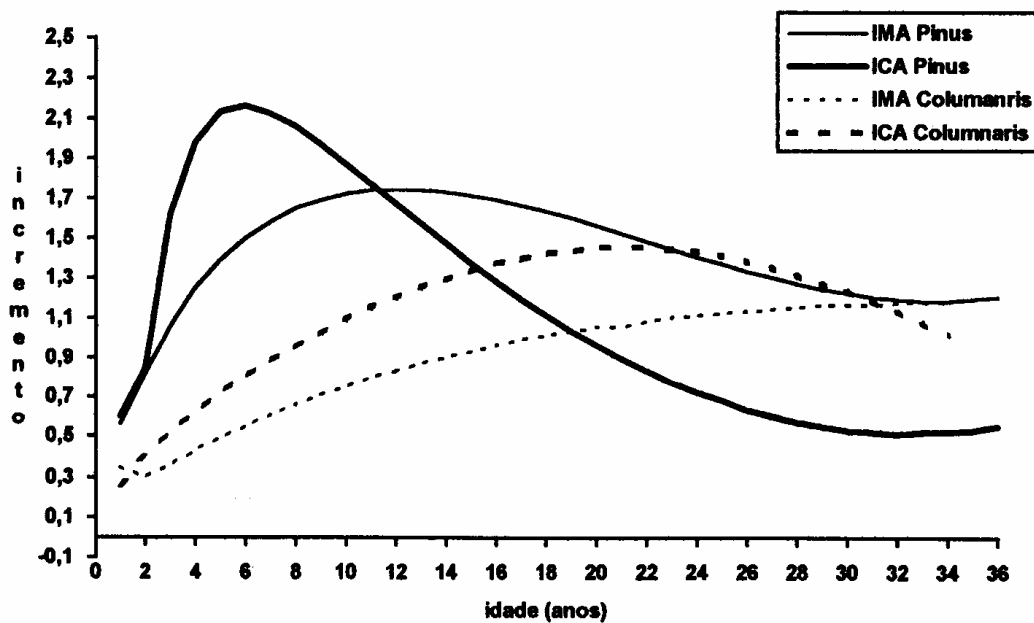


FIGURA 6: Curvas de incremento médio e corrente de *Araucaria columnaris* comparadas com as de *Pinus elliottii*

A comparação dos incrementos entre as duas espécies de *Araucaria* apresentada na Figura 7, mostra maior aceleração de crescimento de *A. angustifolia*, pois o culmínio do incremento corrente ocorre aos 10 anos com 1,25 cm e o do incremento médio, aos 20 anos com 1,08 cm. Verifica-se ainda que o culmínio dos incrementos de *A. columnaris*, ocorrem em idade superior e com valores também superiores aos apresentados pela *A. angustifolia*, respectivamente, 1,18 cm e 1,41 cm para o IMA e ICA.

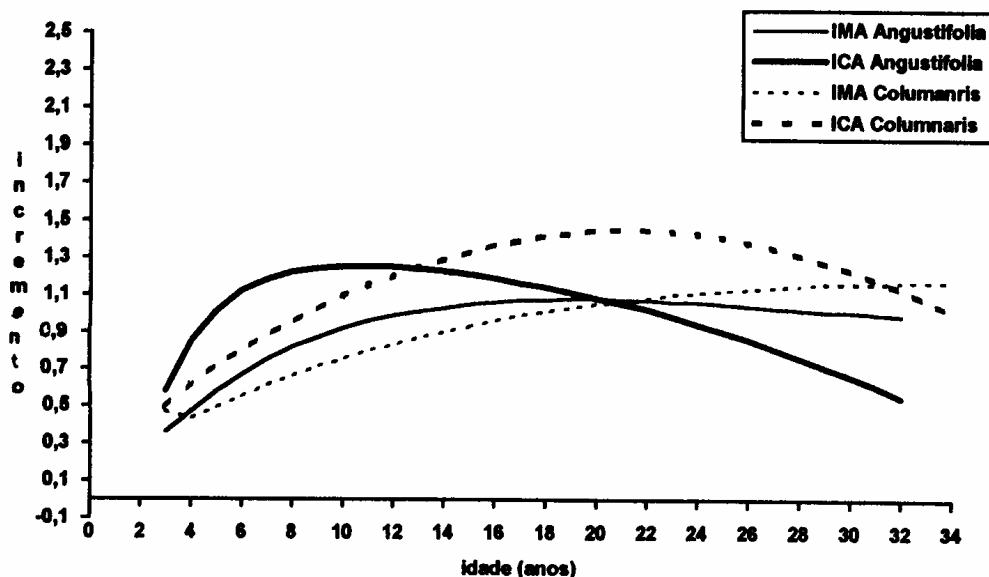


FIGURA 7: Curvas de incremento médio e corrente de *Araucaria columnaris* comparadas com as de *Araucaria angustifolia*.

CONCLUSÕES

A reconstituição do crescimento diamétrico da árvore através da análise de secções transversais do tronco permitiu quantificar o incremento médio e corrente anual nas diferentes idades e espécies estudadas.

Para a *Araucaria columnaris* foi determinado o máximo incremento médio anual aos 31 anos com 1,18 cm e o máximo incremento corrente anual aos 21 anos com 1,41 cm, o que demonstra o bom crescimento da espécie nesta região ecológica, credenciando-a para testes em reflorestamentos, pois apesar de seu incremento diamétrico ser menor, necessita de pouco espaço físico para seu crescimento (espaço vital) por possuir copa estreita e longa, o que não é característico de espécies como o *Pinus elliottii* e de *Araucaria angustifolia*.

Para o *Pinus elliottii* o máximo incremento médio anual em diâmetro ocorreu aos 11 anos com 1,75 cm sendo que o incremento corrente anual culminou aos 6 anos com 2,15 cm. Esta espécie mostra maior aceleração de crescimento entre as demais.

Para a *Araucaria angustifolia* o máximo incremento médio anual ocorreu aos 20 anos com 1,08 cm e o máximo incremento corrente anual aos 10 anos com 1,25 cm.

A comparação das curvas de incremento das três espécies comparadas permitem demonstrar com referência a aceleração do crescimento que o *Pinus* apresenta maior crescimento inicial, seguido da *Araucaria angustifolia* e *Araucaria columnaris*.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ASSMANN, E. *The principles of forest yield study*. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506p.
- FINGER, C.A.G. *Fundamentos de biometria florestal*. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.
- DYSON, W.G. Experimental plantings of *Araucaria spp* in east Africa and Costa Rica. In: IUFRO MEETING YIELD, 1979. Curitiba. *Anais ...* Curitiba, 1979, p. 177-180.

- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da .
Agricultura-RS, 1961. 41p.
- MOTA, F.S.; BEIRSDORF, M.I.C.; GARCEZ, J.R.B. **Zoneamento
Agroclimático do Rio grande do Sul e Santa Catarina - Normas
Agroclimáticas**. Pelotas: Ministério da Agricultura, 1971. 80p. (Vol.1, Circular
n.50).
- REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense: Araucariaceas cultivadas em Santa
Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1986. 35 p.
- SAS. SAS Institute Inc. Cary: NC, 1985.