

CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DO PAU-FERRO (*Astronium balansae*) EM REFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO SEPÉ, RS

DIAMETER GROWTH OF PAU-FERRO (*Astronium balansae*) EN MAN MADE FOREST ON SÃO SEPÉ, RS

César Augusto Guimarães Finger¹ Jackson Roberto Eleotério² Rute Berger²
Paulo Renato Schneider³

RESUMO

A técnica de análise de tronco foi testada para avaliar o crescimento de pau-ferro, *Astronium balansae*, em povoamento implantado no município de São Sepé, RS e, atualmente, com 12 anos de idade, bem como descrever através de modelos matemáticos o crescimento diamétrico e os incrementos médio e corrente anual para árvores do estrato dominante e dominado. Os resultados demonstraram a pertinência da técnica de análise de tronco para descrever o crescimento passado da espécie, e permitiram desenvolver modelos de alta precisão e bom ajuste para descrever o incremento corrente e médio anual. No período de observação os dados indicam que o culmínio do incremento corrente anual ocorreu aos seis anos e do incremento médio anual aos dez anos para a árvore do estrato dominante, não devendo, entretanto, esta constatação ser tomada como definitiva antes da medição do crescimento em árvores de maior idade, o que permitirá verificar ou não a continuidade da queda das taxas de incremento. Não foi possível determinar na árvore dominada as idades de culmínio de incremento.

Palavras-chave: *Astronium balansae*, crescimento, diâmetro.

SUMMARY

In the present work, the feasibility of the trunk analysis technique to describe the growth process of *Astronium balansae* has been determined in a twelve-year old planted stand. Using this well-know technique, it is possible to describe the diameter growth as well as the average and yearly current diameter increase for trees in the dominant and dominated layers. The results have demonstrated

-
1. Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.
 2. Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Florestal. Bolsista do PIBIC-CNPq. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.
 3. Engenheiro Florestal, Dr. Prof. Titular do Departamento de Ciências Florestias. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.

the validity of using such a technique to describe the specimen past growth. Moreover the results have allowed the development of high precision and well-fitted patterns to describe the current and yearly average increase. The maximum yearly current increase occurred at six years old, and the maximum yearly average was observed at ten years old for the dominant tree. Nevertheless it was not possible to determine these value for the dominated tree, because of this constant annual growth rate.

Key words: *Astronium balansae*, diameter, growth rate.

INTRODUÇÃO

Na busca de alternativas regionais para suprir a demanda de madeira de qualidade com espécies tradicionais, o pau-ferro, *Astronium balansae* adquire particular importância.

A espécie ocorre naturalmente na região da Campanha do Rio Grande do Sul, ao longo do Vale do Rio Ibicuí, preferencialmente, em locais com afloramentos rochosos associados a solos mais evoluídos. Neste habitat pedregoso formam maciços com até 85% do volume comercial com casca da floresta (LONGHI,1987).

As árvores são caracterizadas como decíduais, medianas, comumente de 10-15 metros de altura e 20-40 centímetros de diâmetro; geralmente apresentam tronco um pouco tortuoso e casca densamente cortiçosa, estriada no corte transversal (REITZ et al., 1988; SCHULTZ, 1953). Seu crescimento é classificado como rápido, com diâmetro médio de 15 cm em 23 anos (SCHULTZ, 1953).

A madeira tem uso generalizado em postes, moirões e estruturas afins por apresentar alta resistência natural ao apodrecimento. Apresenta também elevada dureza e alta resistência à flexão e ao choque. Possui poder calorífico superior a 4500 cal (REITZ et al.,1988; BELTRÃO et al.,1984 ; SCHULTZ, 1953).

O crescimento da espécie com relação as variáveis dendrométricas diâmetro, altura e volume é desconhecido, sendo este estudo justificado por ser um subsídio à silvicultura e ao manejo da floresta, pois fornecerá informações sobre seu potencial quanto ao diâmetro, altura e volume, individual e coletivo, permitindo quantificar o tempo necessário para que a árvore alcance uma determinada dimensão, bem como avaliar economicamente o investimento realizado no cultivo/manejo da floresta.

Considerando que para conhecer tais características do crescimento de uma espécie é necessário, acompanhar com medições periódicas todo seu ciclo de vida, implicando em um longo período de observações, ou valer-se de técnicas como a da análise de tronco.

A análise de tronco é uma alternativa rápida, eficaz e precisa, que permite conhecer, pelo exame e medições dos anéis anuais de crescimento tomados em diversas posições ao longo do tronco da árvore, as dimensões alcançadas pela árvore em épocas passadas. Através da contagem e medição de anéis de crescimento pode-se obter informações sobre parâmetros biométricos importantes para descrever o desenvolvimento da espécie como o diâmetro, altura e volume.

Assim, neste estudo procurou-se verificar a existência de anéis anuais de crescimento e a viabilidade de realizar a análise de tronco por métodos tradicionais para descrever o crescimento da

espécie, bem como descrever o crescimento em diâmetro e os incrementos corrente e médio anual para a árvore do estrato dominante e dominado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para quantificar o crescimento de *Astronium balansae* foram coletadas fatias de 2 árvores pertencentes a 2 estratos arbóreos (1 no dominante e 1 no dominado) de um povoamento homogêneo da espécie, com 12 anos de idade, implantado no Município de São Sepé-RS.

As árvores foram abatidas e delas retiradas fatias, com espessura de, aproximadamente, 4 cm, ao nível do dap (diâmetro à altura do peito).

As fatias foram secas em estufa, plainadas e lixadas para facilitar a visualização dos anéis. A seguir procedeu-se a medição dos anéis sobre quatro raios, partindo-se da medula até a casca. O primeiro raio foi traçado coincidindo com o maior diâmetro da fatia e os demais, no sentido horário em relação a este, sempre mantendo perpendicularidade entre eles.

Os raios foram medidos com precisão de milímetro e anotados em formulário próprio, de uso comum no Departamento de Ciências Florestais e apresentados por FINGER (1992).

Desta forma, cada anel de crescimento foi medido 4 vezes e o valor médio deste forneceu o raio e diâmetro da árvore em cada idade. A partir destes valores foram calculados para cada árvore e idade, os incrementos correntes anuais (ICA) e incrementos médios anuais (IMA) através das expressões:

$$ICA = Y_m - Y_{m-1}$$

$$IMA = \frac{Y_m}{m}$$

Onde Y_m = grandeza da variável no ano considerado; Y_{m-1} = grandeza da variável no ano anterior; m = idade

A seguir, os dados de diâmetro e de ICA e IMA foram empregados como variáveis dependentes em modelos matemáticos, e a idade como variável independente, buscando desenvolver modelos que descrevessem estas relações. Para tal foi empregado o procedimento Stepwise de regressão utilizando como variáveis dependentes e independentes, tanto variáveis puras, como também, a forma logarítmica e transformadas.

A seleção dos modelos foi realizada através do coeficiente de determinação (R^2), do erro padrão (S_{yx} %) em percentagem da média e pela análise de resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os modelos desenvolvidos pelo procedimento stepwise de regressão para descrever o crescimento em diâmetro apresentaram coeficientes de determinação semelhantes e superiores a 99,7 % e erro padrão em percentagem da média menores que 1 % (Tabela 1). Entretanto, com base nas estatísticas de coeficiente de determinação e erro padrão em percentagem da média, foram selecionados o modelo número 1 para descrever o desenvolvimento do diâmetro da árvore dominante e o de número 3 para a árvore dominada; embora os demais modelos também possam ser

empregados para este fim.

TABELA 1: Modelos matemáticos calculados para descrever o diâmetro em função da idade, para as árvores dos estratos dominante e dominado.

Árvore	n °	Modelo	R ² %	Syx%
DOMINANTE	1	$d = e^{5,602745 - \frac{10,056842}{t} + \frac{4,185499}{t^3}}$	99,9	1,9
	2	$d = 140,918621 + 62,998787 * [\ln(t)]^2 - 118,881214 * \sqrt{t}$	99,8	5,1
DOMINADO	3	$d = \frac{1}{\sqrt{\left(-0,000301 + \frac{0,054639}{t^2} + 0,00000014 * t^3 - \frac{0,034367}{t^3}\right)}}$	99,9	2,8
	4	$d = e^{1,615832 + 1,009407 * \ln(t)}$	99,7	1,0

Os testes de resíduos, realizados graficamente, não evidenciaram tendências do modelo de regressão, permitindo ratificar a regressão selecionada.

O diâmetro observado e ajustado pelo modelo selecionado para as árvores dominante e dominada pode ser visualizado na Figura 1, onde se verifica o excelente ajuste alcançado pelo modelo matemático.

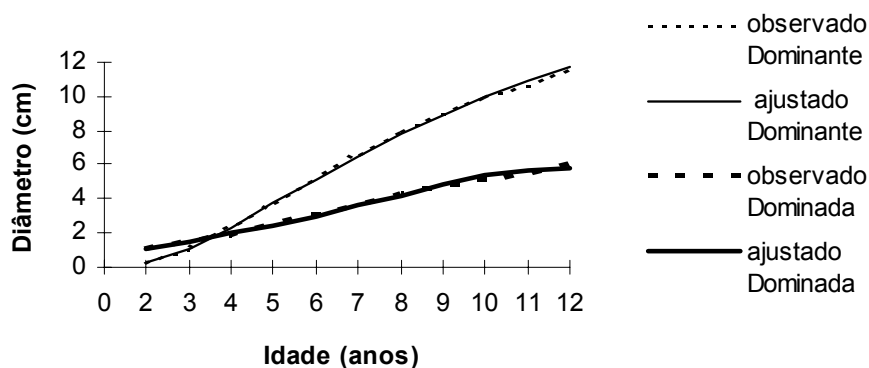


FIGURA 1: Valores observados e ajustados de diâmetro em função da idade para a árvore dominante e dominada.

Como esperado, observa-se que os diâmetros, de maneira geral, apresentam-se maiores na árvore dominante, sendo, praticamente, o dobro que o diâmetro da árvore dominada, aos 12 anos. Nos primeiros anos verifica-se que a árvore dominada teve maior crescimento que a árvore dominante, igualando seu diâmetro entre 3 e 4 anos. Posteriormente, passou a ter crescimento

diamétrico inferior ao da árvore dominante. Este comportamento, em parte, pode ser atribuído a diferença genética entre as plantas, ou a fato relevante ocorrido quando da fase de muda, como por exemplo, terem sofrido ataque de formigas ou outro dano biótico e abiótico. O motivo, entretanto, não pode ser explicado com as informações disponíveis atualmente.

A modelagem para descrever o ICA em diâmetro, Tabela 2, apresenta grande diferença no coeficiente de determinação e erro padrão em percentagem da média entre os modelos calculados pelo procedimento stepwise de regressão.

TABELA 2: Modelos matemáticos calculados para descrever o incremento corrente anual em diâmetro em função da idade, para as árvores dos estratos dominante e dominado.

Árvore	n °	Modelo	R ² %	Syx%
DOMINANTE	1	$ICA_d = e^{2,754938 - 0,000424 * t^3 - \frac{13,551112}{t^3}}$	91,4	6,7
	2	$ICA_d = 14,592043 - 0,004093 * t^3 - \frac{98,610300}{t^3}$	79,5	17,9
DOMINADO	3	$ICA_d = \sqrt[3]{-45,380078 + 67,678125 * t - 5,169922 * t^2}$	39,6	54,1
	4	$ICA_d = 2,53636364 + 0,81048951 * t - 0,05594406 * t^2$	23,7	21,4

O modelo selecionado para descrever o ICA em diâmetro da árvore dominante foi o número 1, o qual apresentou valor de R² igual a 91,4 % e Syx de 6,7 %. Já para a árvore dominada, devido a natureza dos dados observados, crescimento reduzido e mais ou menos constante ao longo da idade, originando uma conformação de dados paralela ao eixo da abcissa, (Figura 3), o melhor modelo apresentou valores de R² baixos, 39,6 %, e Syx de 54,1%.

A descrição matemática do incremento médio anual em diâmetro para a árvore dominante, apresentada na Tabela 3, mostrou estatísticas de ajuste, (Syx), menores que 2 % e de precisão, (R²) próximo a 1, tanto com a variável dependente na forma aritmética como na logarítmica. Para os dados da árvore dominada, também com a variável dependente na forma aritmética, logarítmica e recíproca, foi encontrado somente um modelo significativo, modelo número 3 da Tabela 3, o qual apresenta R² de 62,5 % e Syx de 6,8 %.

Os testes gráficos de resíduos realizados com os modelos selecionados para descrever o ICA e IMA não evidenciaram tendências de ajuste, ratificando assim a seleção realizada.

Nas Figuras 2 e 3 verifica-se o bom ajuste dos modelos selecionados para descrever os incrementos em diâmetro de *A. balansae*. Conforme os gráficos, confirma-se o maior crescimento da árvore dominante em relação a árvore dominada. De acordo com os modelos ajustados, a árvore

TABELA 3: Modelos matemáticos selecionados para descrever o incremento médio anual de diâmetro em função da idade para as árvores dos estratos dominante e dominado.

Árvore	n °	Modelo	R ² %	Syx %
DOMINANTE	1	$IMA_d = e^{2,575296 - 0,00181 * t^3 - \frac{16,941269}{t^2} + \frac{16,534181}{t^3}}$	99,9	1,0
	2	$IMA_d = 15,869811 - \frac{43,029097}{t} - 0,001581 * t^3 + \frac{57,370461}{t^3}$	99,7	2,0
DOMINADO	3	$IMA_d = \frac{1}{\sqrt[3]{0,010227 - 0,000818 * t + 0,00005264 * t^2}}$	62,5	6,8
	4	Não foram obtidos outros modelos com a precisão mínima	-	-

dominante atinge o máximo ICA aos seis anos e o máximo IMA em diâmetro aos dez anos. Verifica-se ainda que, pelo fato da árvore dominante apresentar desenvolvimento normal, característico do crescimento de seres vivos, foi possível obter modelos matemáticos com bom ajuste e precisão, como os de número 1 das Tabelas 2 e 3, respectivamente, para descrever o ICA e o IMA. Por outro lado, a relativa estabilidade da taxa de crescimento anual observada na árvore dominada, originando valores de ICA e IMA mais ou menos constantes, caracterizando uma árvore estressada, que perdeu sua capacidade competitiva, não permitiu obter modelos muito precisos, como o de número 3 da Tabela 2. Da mesma forma, a estabilidade dos valores observados de IMA não possibilitou calcular um modelo matemático com elevado coeficiente de determinação. Porém não sendo verificado grandes flutuações nos valores observados, o modelo apresentou baixo erro padrão da estimativa (modelo número 3 da Tabela 3).

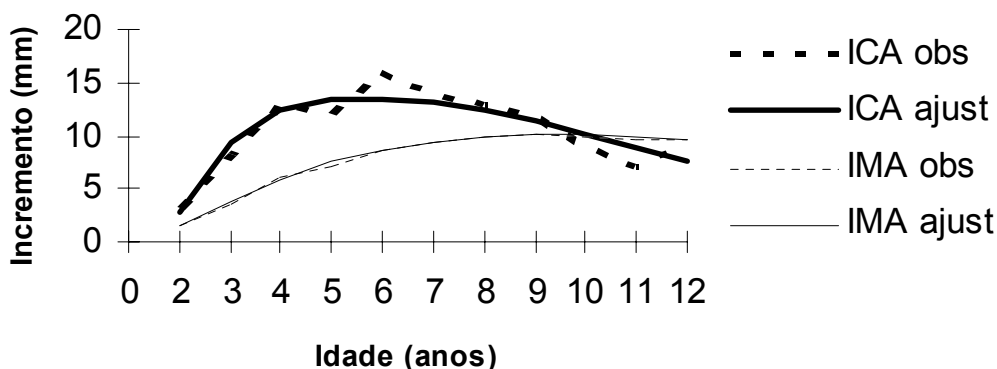


FIGURA 2: Incremento corrente anual e médio anual em diâmetro da árvore dominante.

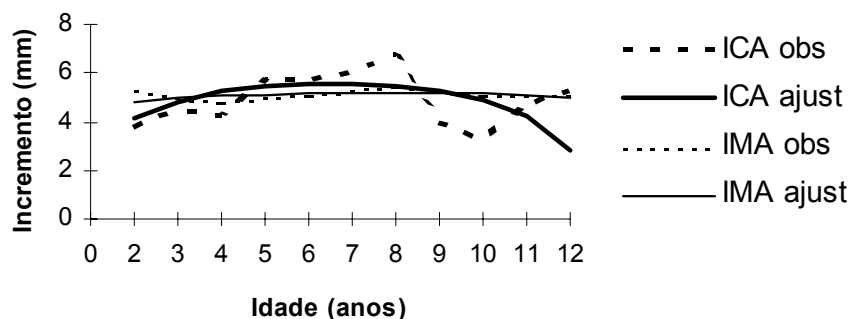


FIGURA 3: Incremento corrente anual e médio anual em diâmetro da árvore dominada.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

- A técnica de análise de tronco pode ser empregada para quantificar o crescimento anual de *Astronium balansae*;
- A modelagem de funções para descrever o crescimento em diâmetro, bem como os incrementos corrente anual e médio anual, permitiram obter estimativas precisas destas grandezas;
- O culmínio do incremento corrente em diâmetro ocorreu aos seis anos e do incremento médio aos dez anos na árvore dominante, não tendo sido possível determinar estas idades na árvore dominada. Entretanto, esta constatação só deve ser tomada como definitiva após a medição do crescimento em árvores mais velhas, o que permitirá verificar ou não a continuidade da queda das taxas de incremento na árvore dominante.
- Os resultados e modelos matemáticos desenvolvidos neste trabalho representam com alta precisão a realidade das árvores amostradas, sendo necessário o aumento do número de árvores amostras para melhor representação da espécie na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRÃO, L.; VASCONCELLOS, J. M. de; FROSI, R. Desenvolvimento de tecnologia para exploração florestal do “Pau-ferro” (*Astronium balansae* Engl.). In.: 5º CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 1984. Nova Prata, RS. **Anais ...** Nova Prata, 1984, v.II, p. 521-523.

- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.
- LONGHI, S. J. Aspectos fitossociológicos de uma floresta natural de *Astronium balansae* ENGL., no Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.17 n.1-2 p. 49-61,1987.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: HBR/SUDESUL/SAA-DRNR, 1988. 525p.
- SCHULTZ, A. R. **Pau-ferro no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, 1953. 9p (Boletim Técnico, 23).