

Tabela de produção para povoamentos de *Pinus patula* através de análise de tronco para a região de Manica-Moçambique

NELSON CARLOS ROSOT*
 DARTAGNAN BAGGIO EMERENCIANO**
 MARIA AUGUSTA D. ROSOT***

RESUMO

Através de dados de análise de tronco foram elaboradas tabelas de produção para povoamentos de *Pinus patula* em Manica - Moçambique. Foram amostradas 24 árvores de povoamentos equiâneos sem desbaste, com 9 anos de idade. As árvores foram classificadas em 6 classes de diâmetro, definidas em função do diâmetro médio aritmético e do desvio-padrão. De cada árvore selecionada foram obtidos dados de diâmetro (DAP), área transversal, altura e volume total para as idades de 1 a 9 anos. A produção total por classe de diâmetro foi calculada multiplicando-se o volume médio da classe pela respectiva frequência diamétrica. A produção total do povoamento, a uma determinada idade, é a soma da produção de todas as classes naquela idade. A metodologia apresentada neste trabalho é bastante simples e permite a elaboração de tabelas de produção a baixos custos e com a utilização de um número mínimo de árvores.

Palavras-chave: tabela de produção, análise de tronco, distribuição diamétrica

ABSTRACT

Yield tables using stem analysis data for *Pinus patula* plantations in Manica - Mozambique. Yield tables for *Pinus patula* plantations in Manica - Mozambique were elaborated using stem analysis data. Twenty-four trees were sampled from an even-aged, unthinned, 9-year-old plantation. Trees were classified in 6 diameter classes set as a function of the arithmetic mean diameter and standard deviation. Diameter class frequency was obtained from a forest inventory. DBH, basal area, total height and total volume data for ages from 1 to 9 were obtained from each selected tree. Total yield per diameter class was calculated by multiplying the estimated average volume per class by the frequency of trees in the same class. Totalling all yields per class at a given age provided the total stand yield at that age. The procedure presented in this paper is simple and allows the elaboration of yield tables at low cost using few sample-trees.

Keywords: stand table, stem analysis, diameter distribution

INTRODUÇÃO

A demanda crescente de madeira para suprir de matéria-prima o complexo industrial da IFLOMA - Indústrias Florestais de Manica, tem suscitado a necessidade de se realizar estudos mais detalhados sobre o

*Eng. Florestal, M.Sc., Professor Adjunto do Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR

**Eng. Florestal, M.Sc., Dr., Professor Adjunto do Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR

***Eng. Florestal, M.Sc.

crescimento das espécies ali encontradas, principalmente as do gênero *Pinus*. De um total aproximado de 24.000 ha de reflorestamentos com *Pinus* sp em Moçambique, 85 % encontram-se na província de Manica, sendo compostos, na sua maioria, por *Pinus patula*. As árvores provenientes dessas florestas são utilizadas para a produção de madeira serrada e painéis. Conseqüentemente é importante que se analise a taxa de crescimento dos povoamentos para que se possa aplicar um correto manejo florestal.

O meio mais direto e acurado de se estudar o desenvolvimento de uma árvore, bem como os vários aspectos de seu crescimento, é através da análise de tronco (PRODAN, 1951). CHATURVEDI & KHANNA (1982) definem a análise de tronco como sendo a análise de um tronco inteiro através da medição dos anéis anuais em um determinado número de seções transversais a diferentes alturas, com a finalidade de determinar as taxas de crescimento passado. As relações idade-diâmetro, idade-altura e idade-volume estudadas ao longo de toda a vida da árvore permitem o acesso às taxas médias de incremento em diâmetro, altura e volume.

TURNBULL (1958) considera a análise de tronco apropriada à elaboração de tabelas de produção, bem como à construção de curvas de índice de sítio e curvas de crescimento em altura. EMERENCIANO (1981) utilizou análise de tronco para a obtenção de dados de crescimento em altura de *Pinus elliottii*, que foram empregados na simulação da prognose de altura dominante. ROSOT *et. al.* (1993) usaram dados de análise de tronco para construir tabelas de produção para *Araucaria angustifolia* no sul do Brasil.

A estimativa da produção do povoamento pode ser feita com base nas medições sucessivas efetuadas em parcelas permanentes de um inventário florestal contínuo ou através de dados de crescimento obtidos por análise de tronco. As tabelas de produção são importantes para a elaboração de planos de manejo, pois podem ser utilizadas para estimar a produtividade de diferentes povoamentos florestais que possuam condições ecológicas e de manejo semelhantes.

Este trabalho tem por objetivo a elaboração de uma tabela de produção para *P. patula* utilizando dados de crescimento provenientes de análise de tronco.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste trabalho são provenientes de dois povoamentos de *P. patula* equiâneos, com 9 anos de idade, não desbastados, localizados na unidade de produção de Bandula, pertencentes à IFLOMA e situados na Província de Manica, distando, aproximadamente, 10 Km de Messica, próximo à fronteira com o Zimbábue.

O clima da região é do tipo semi-úmido, com precipitações que oscilam entre 1.000 mm e 1.400 mm por ano, distribuídos em um período de 3 a 4 meses, com inverno seco e déficit hídrico de 2 a 5 meses. A altitude varia de 600 a 750 m, em terrenos suavemente ondulados. A temperatura média anual

varia de 20 a 22 °C (REPÚBLICA POPULAR DE MOÇAMBIQUE, 1986). Os povoamentos amostrados situam-se entre os paralelos 18°30' e 19°00' de latitude Sul e entre os meridianos 32°00' e 32°30' de longitude Leste.

As árvores para análise de tronco foram selecionadas com base na distribuição diamétrica do povoamento. Frequentemente são empregadas árvores de dimensões médias no estudo do crescimento de povoamentos (TURNBULL, 1958). No entanto, HOHENADL (1939) propôs um método que consiste em calcular o diâmetro médio aritmético para o povoamento e o desvio-padrão da distribuição diamétrica; 2 árvores são, então, selecionadas para a análise de tronco, cujos diâmetros se encontram, respectivamente, uma unidade de desvio-padrão acima e abaixo da média aritmética. Nesse caso, mesmo sendo usada uma dimensão média para a seleção das árvores, vários troncos de dimensões próximas ou não a essa média serão submetidos à análise (CHATURVEDI, 1926).

No presente trabalho foi realizado um inventário florestal onde foram sorteadas aleatoriamente 14 unidades de amostra com o objetivo de estimar a média aritmética e o desvio-padrão dos diâmetros para assim se obter a distribuição diamétrica do povoamento.

Segundo PRODAN (1965), um povoamento equiâneo onde todos os indivíduos estão sujeitos a um mesmo regime de manejo e que ainda não atingiu o seu estágio final, possui uma distribuição de frequência diamétrica que se aproxima da distribuição normal. Numa representação gráfica a curva obtida apresenta-se em forma de "sino", ou seja, as maiores frequências concentram-se nos valores médios e as menores, nos valores extremos.

Mesmo atingido o estágio de senilidade, povoamentos puros equiâneos apresentam uma curva de frequência diamétrica unimodal, que é característica da distribuição normal. Deve-se observar, porém, que a distribuição normal teórica é simétrica, enquanto que a distribuição diamétrica de povoamentos puros equiâneos apresenta uma assimetria mais ou menos acentuada à direita ou à esquerda, dependendo da idade e do tipo de manejo do povoamento.

A relação entre a amplitude diamétrica e o desvio-padrão, considerando uma distribuição normal, apresenta-se da seguinte maneira:

- a) 68 % das árvores possuem diâmetros compreendidos entre $(\bar{d} - 1s)$ e $(\bar{d} + 1s)$
- b) 95 % das árvores possuem diâmetros compreendidos entre $(\bar{d} - 2s)$ e $(\bar{d} + 2s)$
- c) 99,7 % das árvores possuem diâmetros compreendidos entre $(\bar{d} - 3s)$ e $(\bar{d} + 3s)$

sendo:

\bar{d} = diâmetro médio aritmético

s = unidade de desvio-padrão

Assim foram estabelecidas 7 classes de diâmetro, cada qual com uma amplitude de uma unidade de desvio-padrão, sendo uma classe representando a média e mais 3 de cada lado da distribuição. O centro de cada classe é representado pelo diâmetro médio aritmético $\pm 1, 2$ ou 3 unidades de desvio-

-padrão, conforme a classe. Os limites inferior e superior são definidos pelo centro da classe mais e menos 0,5 unidade de desvio-padrão, respectivamente.

Foram selecionadas 4 árvores por classe, sendo uma próxima ao limite inferior, uma próxima ao limite superior e duas próximas ao centro da classe. Tal procedimento permite uma melhor estimativa dos parâmetros de crescimento da árvore média da classe. Devido ao fato de a distribuição diamétrica do povoamento apresentar uma leve assimetria, não foram encontradas árvores pertencentes à primeira classe de diâmetro ($\bar{d} - 3s$).

Em seguida as 24 árvores foram derrubadas para a coleta das fatias, tomadas a 0; 0,3; 0,7 e 1,3 m de altura. Do DAP em diante foram tomadas de 1 em 1 m ou entre os verticilos até a altura total. Os discos foram superficialmente secados e polidos antes da medição dos anéis. Duas linhas perpendiculares entre si foram traçadas sobre a superfície polida. Então 4 raios, para cada anel de crescimento, em cada disco, foram medidos com aproximação de milímetros. As médias das 4 leituras correspondem ao raio médio a cada idade.

Para cada árvore, a cada idade, foram determinados o DAP, a altura total, a área transversal e o volume. A árvore média representativa da classe apresenta as médias dos parâmetros de crescimento de todas as árvores da classe.

Com base nos dados do inventário florestal foram estimadas as frequências por hectare para cada classe de diâmetro que, multiplicadas pelos valores da árvore média, forneceram a produção por hectare em termos de área basal e volume.

A produção total do povoamento a cada idade foi obtida pela somatória da produção das 6 classes. O diâmetro de referência apresentado na tabela de produção corresponde ao diâmetro da área transversal média por classe a cada idade, tomado a 1,3 m. A altura dominante, na tabela, é aquela correspondente à altura da árvore média da classe ($\bar{d} + 3s$) a cada idade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro médio do povoamento foi igual a 13,18 cm e o respectivo desvio-padrão, igual a 5,02 cm. Com base nesses valores foram estabelecidos os limites inferiores e superiores das 6 classes de diâmetro, bem como as frequências por hectare e o número de árvores selecionadas correspondentes a cada classe (Tabela 1).

A área transversal e o volume correspondentes à árvore média de cada classe encontram-se relacionados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. O volume refere-se ao volume seco total da árvore sem casca.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados, respectivamente, o desenvolvimento da área transversal e do volume da árvore média por classe e por idade.

Multiplicando-se as frequências por hectare por classe apresentadas na Tabela 1 pela área transversal de cada árvore média, conforme consta na

Tabela 1 - Distribuição diamétrica do povoamento e número de árvores selecionadas por classe

Table 1 - Stand diameter distribution and number of selected trees per class

classes de diâmetro	limites das classes (cm)	freqüência (nº árv./ha)	freq. (%)	nº de árv. selecionadas
-3s	≤ 0,63	—	—	—
-2s	0,64 - 5,65	63	8,91	4
-1s	5,66 - 10,67	135	19,10	4
\bar{x}	10,68 - 15,69	264	37,34	4
+1s	15,70 - 20,71	209	29,56	4
+2s	20,72 - 25,73	33	4,67	4
+3s	≤ 25,74	3	0,42	4
TOTAL		707		24

Tabela 2 - Área transversal média (m²) por idade e classe de diâmetro

Table 2 - Mean basal area (sq.m) per age and per diameter class

idade (anos)	classes de diâmetro					
	-2s	-1s	\bar{x}	+1s	+2s	+3s
1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	0,00000	0,00000	0,00002	0,00002	0,00009	0,00011
3	0,00001	0,00006	0,00014	0,00029	0,00081	0,00108
4	0,00004	0,00025	0,00066	0,00145	0,00282	0,00328
5	0,00017	0,00061	0,00249	0,00423	0,00730	0,00930
6	0,00040	0,00167	0,00510	0,00914	0,01402	0,01948
7	0,00057	0,00323	0,00791	0,01492	0,02329	0,03094
8	0,00074	0,00435	0,00968	0,01871	0,02913	0,04029
9	0,00081	0,00563	0,01156	0,02282	0,03507	0,04920

Tabela 3 - Volume médio (m³) por idade e classe de diâmetro

Table 3 - Mean volume (cu.m) per age and per diameter class

idade (anos)	classes de diâmetro					
	-2s	-1s	\bar{x}	+1s	+2s	+3s
1	0,00000	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003	0,00003
2	0,00002	0,00006	0,00017	0,00016	0,00031	0,00041
3	0,00008	0,00033	0,00062	0,00113	0,00285	0,00336
4	0,00021	0,00083	0,00210	0,00346	0,01150	0,01336
5	0,00053	0,00205	0,00788	0,01190	0,03282	0,03890
6	0,00123	0,00560	0,01994	0,03258	0,07247	0,09070
7	0,00216	0,01321	0,03869	0,06483	0,12687	0,16064
8	0,00312	0,02149	0,05851	0,09863	0,18244	0,24361
9	0,00347	0,03170	0,08114	0,14148	0,24224	0,32998

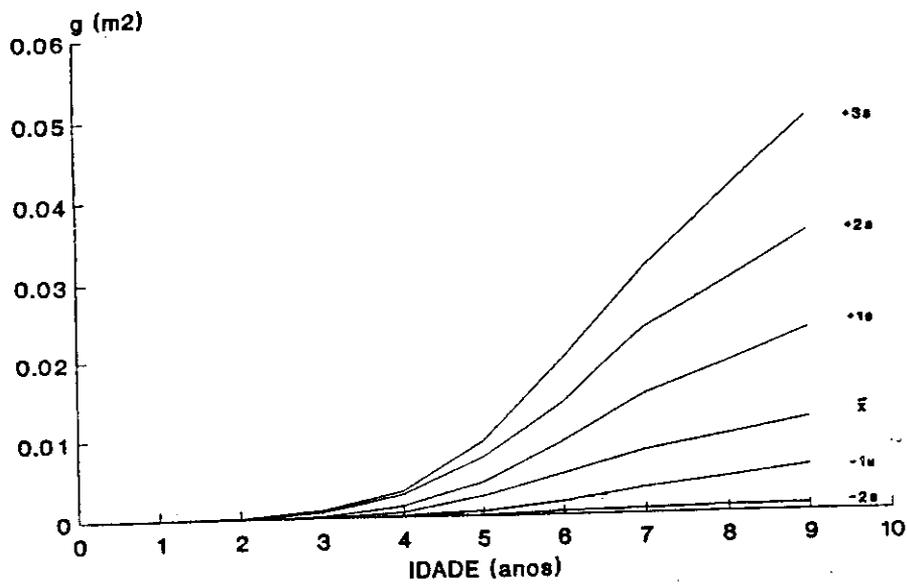


Figura 1 - Área transversal média (m²) por idade e classe de diâmetro
 Figure 1 - Mean basal area (sq.m) per age and per diameter class

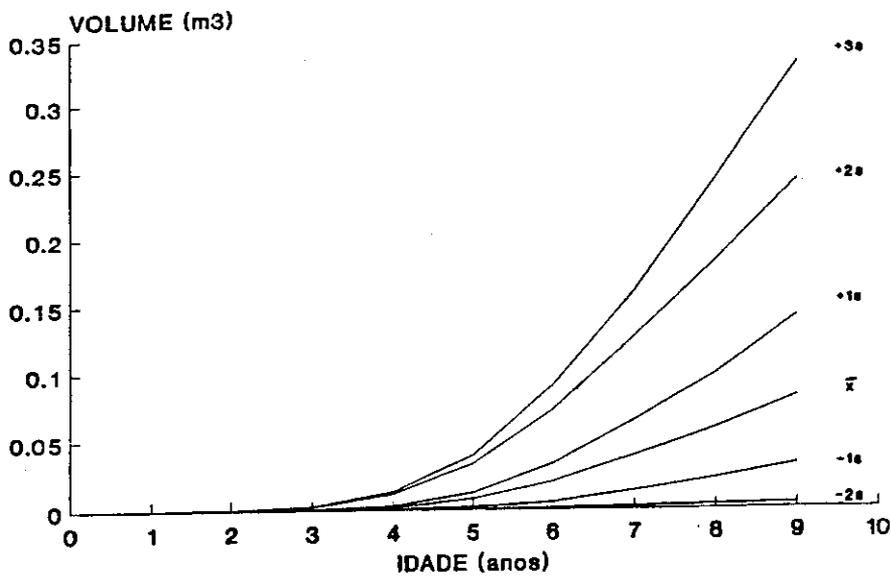


Figura 2 - Volume médio (m³) por idade e classe de diâmetro
 Figure 2 - Mean volume (cu.m) per age and per diameter class

Tabela 2, obteve-se a produção total por classe em área basal a cada idade, cujos valores encontram-se relacionados na Tabela 4. De forma similar, utilizando os volumes das árvores médias apresentados na Tabela 3 multiplicados pelas respectivas frequências por hectare, estimou-se a produção total por classe em volume a cada idade, conforme consta na Tabela 5.

Observando-se os valores apresentados na Tabela 1, pode-se constatar que a curva de frequência diamétrica resultante do povoamento estudado aproxima-se da curva representativa da distribuição normal, com leve assimetria, característica de povoamentos puros equiâncos jovens (PRODAN, 1965). Portanto, a coleta de árvores para análise de tronco com base na distribuição diamétrica do povoamento apresenta algumas vantagens sobre o método de coleta de forma aleatória como, por exemplo:

- a) redução do número de árvores necessário
- b) garantia de boa representatividade em todas as classes de diâmetro e não apenas naquelas concentradas em torno da média

Tomando-se como base a árvore média representativa de cada classe, é possível se obter uma melhor estimativa da produtividade do povoamento, considerando-se que o desenvolvimento da área basal e do volume não apresenta o mesmo comportamento em todas as classes de diâmetro, já que as frequências e as dimensões das árvores são diferentes para cada classe.

A produção total por hectare do povoamento em termos de área basal e volume é o resultado do somatório da produção de todas as classes de diâmetro. A Tabela 6 apresenta a produção total, onde são mostrados o desenvolvimento do diâmetro, da altura média das árvores dominantes, da área basal e do volume total sem casca, bem como os respectivos incrementos correntes e médios anuais.

O volume estimado para a idade de 9 anos foi de 64,47 m³/ha e a área basal, 9,93 m²/ha. O incremento médio anual em volume (m³/ano) das árvores dominantes (classe $(\bar{d} + 3s)$) até a idade de 9 anos para *P. patula* em Bandula é aproximadamente igual àquele obtido para *P. elliotii* em Lichinga

Tabela 4 - Área basal (m²/ha) por idade e classe de diâmetro
Table 4 - Basal area (sq.m/ha) per age and per diameter class

idade (anos)	classes de diâmetro					
	-2s	-1s	x	+1s	+2s	+3s
1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	0,00000	0,00000	0,00528	0,00418	0,00297	0,00033
3	0,00063	0,00810	0,03696	0,06061	0,02673	0,00324
4	0,00252	0,03375	0,17424	0,30305	0,09306	0,00984
5	0,01071	0,08235	0,65736	0,88407	0,24090	0,02790
6	0,02520	0,22545	1,34640	1,91026	0,46266	0,05844
7	0,03591	0,43605	2,08824	3,11828	0,76857	0,09282
8	0,04662	0,58725	2,55552	3,91039	0,96129	0,12087
9	0,05103	0,76005	3,05184	4,76938	1,15731	0,14760

- Província do Niassa, conforme dados de um estudo preliminar realizado por MADEBRAS/FUPEF/MADEMO (1982). No entanto, quando comparado com a mesma espécie em Lichinga, árvores de *P. patula* em Bandula apresentaram crescimento superior em volume.

Tabela 5 - Volume total (m³/ha) por idade e classe de diâmetro
Table 5 - Total volume (cu.m/ha) per age and per diameter class

idade (anos)	classes de diâmetro					
	-2s	-1s	x	+1s	+2s	+3s
1	0,00000	0,00135	0,00264	0,00209	0,00099	0,00009
2	0,00126	0,00810	0,04488	0,03344	0,01023	0,00123
3	0,00504	0,04455	0,16368	0,23617	0,09405	0,01008
4	0,01323	0,11205	0,55440	0,72314	0,37950	0,04008
5	0,03339	0,27675	2,08032	2,48710	1,08306	0,11670
6	0,07749	0,75600	5,26416	6,80922	2,39151	0,27210
7	0,13608	1,78335	10,21416	13,54947	4,18671	0,48192
8	0,19656	2,90115	15,44664	20,61367	6,02052	0,73083
9	0,21861	4,27950	21,42096	29,56932	7,99392	0,98994

Tabela 6 - Tabela de produção para *Pinus patula*
Table 6 - Stand table for *Pinus patula*

idade anos	Dg (cm)	ICA Dg	IMA Dg	Hdom (m)	ICA Hdom	IMA Hdom	G (m ³ /ha)	ICA G	IMA G	Volume (m ³ /ha)	ICA volume	IMA volume
1	0,00	0,00	0,00	0,99	0,99	0,99	0,00000	0,00000	0,00716	0,00716	0,00716	0,00716
2	0,48	0,48	0,24	2,66	1,67	1,33	0,01276	0,01276	0,00638	0,09914	0,09198	0,04957
3	1,57	1,09	0,52	4,40	1,74	1,47	0,13627	0,12351	0,04542	0,55357	0,45443	0,18452
4	3,33	1,76	0,83	6,30	1,90	1,58	0,61646	0,48019	0,15411	1,82240	1,26883	0,45560
5	5,85	2,52	1,17	8,22	1,92	1,64	1,90329	1,28683	0,38066	6,07732	4,25492	1,21546
6	8,52	2,67	1,42	10,08	1,86	1,68	4,02841	2,12512	0,67140	15,57048	9,49316	2,59508
7	10,85	2,33	1,55	12,14	2,06	1,73	6,53987	2,51146	0,93427	30,35169	14,78121	4,33596
8	12,14	1,29	1,52	14,25	2,11	1,78	8,18194	1,64207	1,02274	45,90937	15,55768	5,73867
9	13,38	1,24	1,49	16,15	1,90	1,79	9,93721	1,75527	1,10413	64,47225	18,56288	7,16358

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As curvas de crescimento em área transversal e em volume correspondentes à árvore média de cada classe de diâmetro apresentam um comportamento distinto ao longo dos anos de crescimento até a idade atual, não havendo cruzamento de curvas, conforme se pode observar nas Figuras 1 e 2. Isso confirma que a metodologia proposta neste trabalho pode ser empregada para reconstituir as taxas de crescimento de anos anteriores de um povoamento florestal.

Conforme se pode observar na Figura 2, a classe ($\bar{d} - 2s$), que representa a menor classe diamétrica deste povoamento, apresenta uma estagnação do crescimento volumétrico, sendo que a sua produção por hectare corresponde a menos de 1 % da produção total do povoamento. As árvores que morrem são árvores finas, geralmente pertencentes às classes ($\bar{d} - 3s$) e ($\bar{d} - 2s$). O fato de não se poder estimar o número de árvores mortas nas idades anteriores - quando se utiliza a análise de tronco - é irrelevante no que se refere à estimativa da produção em volume.

Recomenda-se esta metodologia a empresas que não possuem um sistema de inventários florestais contínuos ou curvas de produção já desenvolvidas, pois, com baixo custo e boa precisão, pode-se elaborar tabelas de produção para povoamentos não desbastados sem a necessidade de medições anuais de parcelas permanentes. No entanto, se existirem essas medições, a estimativa da produção volumétrica poderá ser comparada com aquela obtida através de dados de análise de tronco.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CHATURVEDI, M. D. 1926. Measurements of the cubical contents of forest crop. **Oxford Forestry Memoirs**, nº 4. 142 p.
- CHATURVEDI, A. N. & KHANNA, L. S. 1982. **Forest Mensuration**. International Book Distributors, Dehra Dun. 406 p.
- EMERENCIANO, D. B. 1981. **Avaliação de métodos de prognose da altura aplicados em *Pinus elliottii* da Floresta Nacional de Capão Bonito - SP**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. 128 p.
- HOHENADL, W. 1939. Einführung in die Bestandesberechnung mit Hilfe von zwei Mittelstämmen. **Forstw. Cbl.** 61:261-80. (For. Abstr., 1. p. 192)
- MADEBRÁS/FUPEF/MADEMO. 1982. **Desenvolvimento Florestal da Província do Niassa - República Popular de Moçambique - Manejo Florestal**. Curitiba. 93 p.
- PRODAN, M. 1951. **Messung der Waldbestände**. J. D. Sauerlanders Verlag, Frankfurt am Main. 260 p.
- PRODAN, M. 1965. **Holzmesslehre**. J. D. Sauerlanders Verlag, Frankfurt am Main. 644 p.
- REPÚBLICA POPULAR DE MOÇAMBIQUE. 1986. **Atlas Geográfico**, vol. 1. Estocolmo. 49 p.
- ROSOT, N. C.; EMERENCIANO, D. B. & ROSOT, M. A. D. 1993. Yield table for *Araucaria angustifolia* plantations by stem analysis in southern Brazil. **In: Growth and Yield Estimation from Successive Forest Inventories**. Proceedings from the IUFRO Conference, Copenhagen. Forskningsserien Nr. 3.
- TURNBULL, K. J. 1958. **Stem analysis techniques and applications an some studies of second growth Douglas - fir in Western Washington**. M.Sc. Thesis. University of Washington. 128 p.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Universidade Federal do Paraná - Brasil, pelo suporte financeiro para o desenvolvimento deste trabalho; à Universidade Eduardo Mondlane - Moçambique, pelo apoio logístico e pela coordenação do intercâmbio com a IFLOMA; à IFLOMA - Indústrias Florestais de Manica, pelo suporte técnico e logístico nos trabalhos de campo e, em especial, aos engenheiros florestais Armindo M. V. Pancrácio e Samuel João Souto, pela valiosa colaboração em todas as fases da coleta de dados para este estudo.

Trabalho submetido em 20.08.93 e accito em 15.09.93