

## VOLUMETRIA E FATOR DE FORMA DE MOROTOTÓ (*Didymopanax morototonii* AUBL. DECNE. ET PLANCH.) SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Jorge Alberto Gazel Yared

CPATU/EMBRAPA - Belém, Pará

Helio Garcia Leite

Depto. de Eng. Florestal - Uni. Fed. de Viçosa, Viçosa/MG

Ricardo Ribeiro Ferreira da Silva

Acadêmico de Eng. Florestal - Uni. Fed. de Viçosa, Viçosa/MG

### RESUMO

Este estudo teve por objetivos obter equações volumétricas para estimar o volume de árvores individuais de morototó, e determinar e comparar o fator de forma das árvores em função do espaçamento. Os dados provêm de um ensaio de espaçamentos (3x2, 3x3, 3x4 e 4x4 m) instalado em parcelas de 45 x 60 m, num delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. O povoamento utilizado está localizado em Belterra, no Planalto do Tapajós, Estado do Pará. Um total de 363 árvores foi utilizado neste estudo, sendo 96, 99, 79 e 89 árvores nos respectivos espaçamentos. Para a cubagem rigorosa, foram medidos os diâmetros com casca a cada 2,0 m ao longo do tronco. Para verificar a influência do espaçamento no volume e no fator de forma, empregou-se o teste de identidade de modelos e a análise de variância seguida da aplicação de um teste de médias, respectivamente. Os resultados indicaram a necessidade de uso de equações independentes por espaçamento e os fatores de forma definidos foram 0,575, 0,548 e 0,482, respectivamente, para: espaçamentos 3x4 e 4x4 independente da classe de diâmetro; espaçamentos 3x2 e 3x3 nas classes de diâmetro  $\geq 25,0$ ; e espaçamentos 3x2 e 3x3 m nas classes de diâmetro  $\leq 23,0$  cm.

### 1. INTRODUÇÃO

O morototó (*Didymopanax morototonii*) é uma espécie que apresenta grande potencialidade silvicultural para reflorestamento, devido ao seu rápido crescimento, o que tem sido comprovado em diferentes pesquisas desenvolvidas na Amazônia (FAO, 1971; SUDAM, 1979; KNASHIRO e YARED, 1971).

A madeira do morototó é de cor creme claro e fácil de trabalhar, recebendo bom acabamento. A densidade básica varia de 0,55 a 0,60 g/cm<sup>3</sup>, aproximadamente (LOUREIRO et alii, 1979). Outra característica importante da espécie é o fato do fuste das árvores ser bastante reto e desprovido de ramificações persistentes, tornando-a adequada para usos mais nobres.

Para utilização do morototó na forma de plantios comerciais faz-se necessário, ainda, aprofundar os conhecimentos sobre aspectos básicos do sistema de produção florestal. Dentre esses, a escolha do espaçamento mais adequado é de grande relevância. O espaçamento mais adequado têm influência direta sobre a produção, notadamente, no desenvolvimento das árvores e na qualidade da madeira. Em espaçamentos mais amplos, a tendência é de se esperar que as árvores apresentem maior crescimento em diâmetro, maior conicidade e copa mais ampla. A produção por unidade de área, pelo menos em idades mais precoces, deverá ser menor sob menor densidade de plantio. Em idades mais avançadas, todavia, a produção por unidade de área tenderá a equivaler-se (Smith, 1962, citado por COUTO, 1977).

Visando definir o melhor espaçamento inicial para plantações de morototó, um experimento foi estabelecido pela Embrapa, na localidade de Belterra, no Planalto do Tapajós, estado do Pará. Como parte desse experimento, este estudo teve por objetivos definir equações volumétricas por espaçamento, e obter e comparar o fator de forma com casca, em função de quatro espaçamentos (3x2, 3x3, 3x4 e 4x4 m).

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1. Caracterização da Área Experimental

Para realização deste trabalho, foram utilizados dados provenientes de um experimento instalado em uma área pertencente ao Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (CPATU), da Embrapa, na localidade de Belterra, no Planalto do Tapajós, estado do Pará. As coordenadas geográficas locais situam-se a 02°38' de latitude sul e 54°57' de longitude oeste. O clima da região é classificado como Ami, pelo sistema Koppen. A precipitação média anual é de cerca de 2100 mm, com uma estação mais seca ocorrendo de agosto a novembro. A temperatura média anual é de aproximadamente 25°, com pequenas variações ao longo do ano. A vegetação original era floresta densa, porém, a área havia sido utilizada, posteriormente, para o plantio de cultura perene seguido de pastagem. A altitude média do local é igual a 175 m e o relevo é plano, com solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, de textura muito argilosa (YARED e CARPANEZZI, 1981).

O experimento foi implantado adotando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos (espaçamentos 3x2, 3x3, 3x4 e 4x4 m). O tamanho da parcela foi fixo para os quatro espaçamentos, sendo igual a 2700 m<sup>2</sup>.

#### 2.2. Coleta dos Dados

Para o propósito específico deste trabalho, foram utilizadas árvores incluídas nas categorias dominantes e codominantes, uma vez que apenas estas deveriam estar presentes por ocasião da idade de

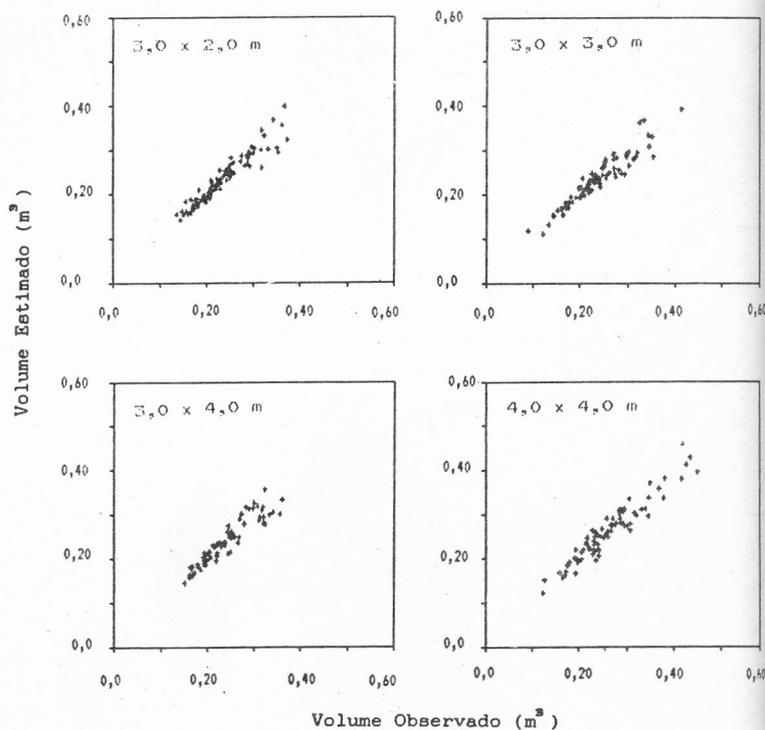


FIGURA 1 - Distribuição gráfica dos resíduos para os espaçamentos 3x2, 3x3, 4x4 e 4x4 m.

rotação do povoamento. Um total de 363 árvores, com idade de 10 anos, foi utilizado para efeito de análises (Quadro 1). Uma vez que este estudo é apenas parte do experimento inicialmente instalado, as árvores não puderam ser abatidas para a cubagem rigorosa. Assim, elas foram cubadas ainda em pé, adotando-se o método de Smalian, com medições do diâmetro com casca a cada 2,0m.

QUADRO 1 - Número de árvores-amostra, por espaçamento, classe de diâmetro e classe de altura, cubadas rigorosamente

Classe de Diâmetro (cm)	Classe de Altura (m)						Total
	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	
<b>Espaçamento 3,0 x 2,0 m</b>							
17,0				8	2		10
19,0			2	15	8	1	26
21,0			2	15	15		32
23,0		2		4	11	4	21
25,0		1		3		1	5
27,0				1			1
29,0	1						1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>46</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>96</b>
<b>Espaçamento 3,0 x 3,0 m</b>							
15,0			1	1			2
17,0			1	4			5
19,0				12	6		18
21,0	1	3	2	23	13	2	44
23,0	3	2	2	7	5	2	21
25,0	1	1	1		1	1	5
27,0	1			3			4
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>99</b>
<b>Espaçamento 3,0 x 4,0 m</b>							
17,0				3			3
19,0	1	1		8	3		13
21,0	8	1	1	11	5		26
23,0	8	2	2	4	6	1	23
25,0	1	4	1	2	1		9
27,0	2			1			3
29,0					1		1
31,0	1						1
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>79</b>
<b>Espaçamento 4,0 x 4,0 m</b>							
17,0	1		8	2			11
19,0	1	1		6	1		9
21,0	2	5	4	9	4	1	25
23,0	6	2	2	12	6		28
25,0	2	1	2	2			7
27,0	1	1		1	1	1	5
29,0	1	2					3
33,0		1					1
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>38</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>89</b>

### 2.3. ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente, o modelo de Schumacher e Hall foi ajustado aos dados de cada um dos quatro espaçamentos; a seguir, um teste de identidade de modelos foi construído para verificar a necessidade do uso de equações independentes por espaçamento.

A seguir, os fatores de forma com casca (F) foram obtidos para cada árvore-amostra, sendo  $F = \text{volume real/volume cilíndrico}$ . O volume cilíndrico foi obtido considerando-se a área seccional a 1,30 m e a altura até o início das inserções dos galhos. De posse dos fatores de forma, foram efetuadas análises de variância e testes de média, visando verificar o efeito do espaçamento sobre os mesmos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Equações Volumétricas

Os resultados obtidos a partir do ajuste do modelo de Schumacher e Hall, na sua forma não-linear, são apresentados no Quadro 2. A partir desses resultados, aventou-se sobre a necessidade do

QUADRO 2 - Estimativas obtidas a partir do ajuste do modelo de Schumacher e Hall, por espaçamento, e para os espaçamentos agrupados

Espaçamento	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	R <sup>2</sup>	Casos
3,0 x 2,0 m	0,000268	2,065060	0,178802	0,955	96
3,0 x 3,0 m	0,000175	2,103986	0,292831	0,947	99
3,0 x 4,0 m	0,000213	2,040334	0,295149	0,952	79
4,0 x 4,0 m	0,000107	2,237693	0,337798	0,967	89
<b>Todos</b>	<b>0,000145</b>	<b>2,169801</b>	<b>0,290569</b>	<b>0,956</b>	<b>363</b>

$$V = \beta_0 \beta_1 \text{DAP} \cdot \beta_2 \cdot \text{Ht} \cdot e$$

uso de equações independentes por espaçamento e, para verificar esta necessidade, construiu-se um teste de identidade de modelos.

Admitindo-se o modelo normal não-linear e garantidas as propriedades assintóticas dos estimadores, o teste de identidade foi construído conforme apresentado por Graybill (1972), citado por LEITE e REGAZZI (1992). Para isto, foram calculadas as somas de quadrados de parâmetros do modelo completo e do modelo reduzido às estimativas comuns, a soma de quadrados total e a soma de quadrados dos erros.

Os resultados obtidos pela aplicação do teste de identidade são apresentados no Quadro 3. Interpretando a significância obtida, pode-se concluir pela rejeição da hipótese de nulidade, ou seja, uma mesma equação não é recomendada para todos os espaçamentos. Decidiu-se, portanto, pelo emprego das equações independentes por espaçamento. A precisão e a consistência obtida com essas equações pode ser verificada pela observação da Figura 1.

### 3.2. ANÁLISE DOS FATORES DE FORMA COM CASCA

QUADRO 3 - Resultados obtidos pela aplicação do teste de identidade de modelos, visando testar a hipótese de igualdade das equações apresentadas no Quadro 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Parâmetros (B)	(12)	(22,3832)		
Parâmetros (q)	3	22,3733		
Redução (H <sub>0</sub> )	9	0,0099	0,0011	2,75*
Resíduo	343	0,1208	0,0004	

\* significativo a 5% de probabilidade

QUADRO 4 - Análise de variância dos dados de fator de forma com Casca

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,415183	0,138394	14,3**
Espaçamentos	3	0,601062	0,200354	20,7**
Resíduo	348	3,358850	0,009652	

\*\* significativo a 1% de probabilidade; CV = 18,7%

Uma análise de variância foi inicialmente efetuada com os dados dos fatores de forma com casca e, para isto, conforme descrito no item 2, adotou-se o modelo de blocos casualizados. Resultados desta análise são apresentados no Quadro 4 e, em função da significância obtida, aplicou-se o teste de Scott-Knott. Os resultados deste teste indicaram igualdade entre as médias dos fatores de forma com casca, respectivamente, para os espaçamentos 3x2 e 3x3, e 3x4 e 4x4 m.

Decidido pela igualdade das médias dos fatores de forma com casca para os dois grupos de espaçamentos (3x2 + 3x3 e 3x4 + 4x4), pelo teste de Scott-Knott, surgiu uma nova questão para ser analisada: para cada um desses dois grupos, é necessário utilizar fatores diferenciados por classe de diâmetro? Para responder a esta pergunta, admitiu-se um delineamento inteiramente casualizado, onde as classes de diâmetro constituiram os tratamentos, e as árvores cubadas em cada classe, foram consideradas como repetições. Assim, duas análises de variância foram efetuadas, sendo uma para cada grupo de espaçamentos (Quadro 5).

Para os espaçamentos 3x4 e 4x4 m, a análise resultou em um F não-significativo, podendo-se admitir um mesmo fator de forma, igual a 0,575, para todas as classes de diâmetro. Por outro lado, para os espaçamentos 3x2 e 3x3 m, dada a significância do teste F, foi necessário aplicar um teste de médias. O teste escolhido foi o de Scott-Knott e, após sua aplicação, decidiu-se pelo emprego de dois fatores de forma: 0,548 para classes de DAP ≥ 25,0 cm e 0,482 para classes de DAP ≤ 23,0 cm.

Conforme esperado, o volume por árvore individual é maior à medida em que o espaçamento aumenta. Isto pode ser comprovado observando-se os fatores apresentados anteriormente, e ainda, as tabelas de volume, obtidas a partir das equações volumétricas (Quadro 6).

Os fatores de forma obtidos neste estudo servem para uma comparação preliminar do efeito do espaçamento sobre a produção por árvore individual. O maior fator de forma obtido para os espaçamentos 3x4 e 4x4 m indica que as árvores possuem forma mais cilíndrica, quando comparadas com as árvores dos espaçamentos 3x2 e 3x3 m. Por esta razão, os espaçamentos 3x4 e 4x4 m podem ser inicialmente recomendados. É importante lembrar, contudo, que o fato das árvores possuírem forma mais cilíndrica não implica em maior produção por unidade de área; isto dependerá, também, das taxas de crescimento

QUADRO 5 - Análise de variância dos dados de fator de forma com casca, dos espaçamentos 3x2 e 3x3, e dos espaçamentos 3x4 e 4x4 m

Espaçamento (m x m)	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
3 x 2 Classe de DAP e		6	0,0986173	0,0164362	2,7*
3 x 3 Resíduo		187	1,1280190	0,0060322	
3 x 4 Classe de DAP e		6	0,1763062	0,0293840	1,9ns
4 x 4 Resíduo		154	2,4080750	0,0156370	

\* significativo a 5% de probabilidade

ns = não-significativo a 5% de probabilidade

em diâmetro e em altura.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que :

a) os melhores espaçamentos para a espécie e condições estudadas, em princípio, são 3x4 e 4x4 m;

b) as equações apresentadas a seguir podem ser utilizadas para estimar o volume por árvore individual de mororotó, na região de Belterra, no Alto do Tapajós, proporcionando estimativas precisas e não-tendenciosas :

$$3,0 \times 2,0 \text{ m} : V = 0,000268DAP^{2,065060}Ht^{0,178802}$$

$$3,0 \times 3,0 \text{ m} : V = 0,000175DAP^{2,103986}Ht^{0,292831}$$

$$3,0 \times 4,0 \text{ m} : V = 0,000213DAP^{2,040334}Ht^{0,295149}$$

$$4,0 \times 4,0 \text{ m} : V = 0,000107DAP^{2,237693}Ht^{0,337798}, \text{ onde :}$$

DAP = diâmetro a 1,30 m, em cm;

Ht = altura até o início da copa, em m;

V = volume comercial, em m<sup>3</sup>;

c) os fatores de forma recomendados para o mororotó, na região estudada, são :

c.1) 0,575 para os espaçamentos 3x4 e 4x4 m;

c.2) 0,548 para os espaçamentos 3x2 e 3x3 m e classes de diâmetro