

# ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR EM MUDAS DE MANGABEIRA (*HANCORNIA SPECIOSA* Gom.)<sup>1</sup>.

CARLOS EDUARDO LAZARINI DA FONSECA<sup>2</sup> e RITA DE CÁSSIA CERQUEIRA CONDÉ<sup>3</sup>

**RESUMO** - Foram desenvolvidos estudos referentes à relação entre área foliar (AF), comprimento (C) e largura (L) das folhas de mudas de mangabeira, crescidas em viveiros a pleno sol (100% de luminosidade) e coberto com tela sombrite (50% de luminosidade). As avaliações foram feitas pegando-se aleatoriamente uma muda de cada ambiente a cada época de avaliação. As épocas avaliadas foram oito, sendo cada avaliação feita a intervalos de cinco semanas. As folhas sem os pecíolos foram numeradas e com uma régua milimetrada foram tomadas as medidas de comprimento e maior largura do limbo. A AF individual foi lida em um integrador Hayashi Denko Co. LTD, Modelo AAM-7. Relações de AF com C, L e C x L foram analisadas através de regressão. As diferenças ambientais entre os dois viveiros não afetaram nenhuma das características foliares avaliadas. Logo, apenas uma equação para cada característica foliar foi determinada:  $AF = 0,66 + 0,11 C + 0,32 C^2$ ,  $AF = 1,44 - 1,74 L + 1,97 L^2$  e  $AF = 0,76 C \times L$ . A equação linear  $AF = 0,76 C \times L$  foi a que melhor se adequou ao modelo ( $R^2=0,989$ ), proporcionando a obtenção de estimativas de AF mais rápidas e precisas.

Termos para indexação: análise de crescimento, correlações biométricas.

## LEAF AREA ESTIMATION IN SEEDLINGS OF "MANGABA" (*HANCORNIA SPECIOSA* Gom.)

**ABSTRACT** - Relationship studies were done between leaf area and linear measurements on leaves of "mangaba" seedlings, grown in two kinds of nursery conditions: in an open field nursery (100% of natural light) and in an woven nylon covered lathhouse (50% of natural light). Two seedlings from each nursery were picked at random to be evaluated at 5 week intervals, for 40 weeks. Petioleless leaves were numbered and their length (C) and maximum width (L) were measured with a millimetrical ruler. Individual leaf area (AF) were measured in an area meter Hayashi Denko, Model AAM-7. Relationships were analyzed through regressions. Lighting differences between nurseries did not affect any evaluated leaf traits. Therefore, only one equation for each leaf trait was determined to estimate leaf area:  $AF = 0,66 + 0,11 C + 0,32 C^2$ ,  $AF = 1,44 - 1,74 L + 1,97 L^2$  and  $AF = 0,76 C \times L$ . The linear equation  $AF = 0,76 C \times L$  provided the best fit ( $R^2=0,989$ ) for estimating rapidly and precisely foliar areas in mangaba seedlings.

Index terms: growth analysis, biometric correlations.

## INTRODUÇÃO

A área foliar é uma característica muito utilizada em análises de crescimento de plantas. Parâmetros fisiológicos, como: razão de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento foliar relativo, entre outros, são derivados a partir de estimativas da área foliar. Esses parâmetros

são, usualmente, empregados para fazer inferências sobre padrões de crescimento e desenvolvimento, eficiência fotossintética, danos foliares causados por pragas, previsões de safras e quantificação de variações no crescimento das plantas devido a diferenças genéticas ou ambientais.

Para a estimativa de área foliar, atualmente são utilizados vários métodos, os quais, segundo Benincasa (1988), na sua maioria proporcionam estimativas com alto grau de precisão. O medidor de área foliar, também conhecido como integrador de área foliar, é o método mais rápido e mais pre-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 22 de novembro de 1993

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA-CPAC, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

<sup>3</sup> Enga. - Agra., Estagiária do convênio UnB/EMBRAPA-CPAC.

ciso, porém não é encontrado facilmente em várias instituições de pesquisa, pois além de ser caro, tem de ser importado. Outros métodos, como o planimétrico, o da pesagem de discos, o de cópias heliográficas ou xerox e o método do ponto, que ainda são bastante utilizados, consomem muito tempo, exigem destruição da planta e não podem ser utilizados no local onde as plantas se desenvolvem. Por outro lado, o método de modelos matemáticos apresenta a vantagem de ser relativamente rápido, não exigir a destruição das plantas e ser de fácil utilização em condições de campo (Reis & Müller, 1978).

Vários estudos sobre a correlação da área foliar com a largura e o comprimento do limbo foliar têm gerado equações com excelentes precisões na estimativa. Pedro Junior et al. (1986), correlacionando a área foliar com a maior largura das folhas de videiras da cultivar Niágara Rosada, chegaram à equação  $AF = 0,85 (L/2)^2$ , que teve alto grau de precisão nas estimativas ( $R^2 = 0,98$ ). Manivel & Weaver (1974) mostraram que não apenas a largura do limbo, mas também os comprimentos do limbo e do pecíolo em folhas de videira da cultivar Grenache tiveram excelentes correlações ( $R^2 = 0,98$  a  $0,99$ ) com a área foliar. Barros et al. (1973), correlacionando a maior largura, o comprimento, a largura x comprimento e o comprimento e largura com a área foliar de folhas de café, cultivar Bourbon amarelo, concluíram que o produto do comprimento e da largura proporcionou a melhor precisão na estimativa da área foliar. Kvet & Marshall (1971) citam, para numerosas espécies, coeficientes utilizados para estimar AF obtidos a partir do produto do comprimento com a largura do limbo.

Pouco se conhece a respeito desses modelos matemáticos para espécies não-tradicionais, como é o caso da mangabeira, que, em face da atual intensificação de estudos para o desenvolvimento de técnicas para produção de mudas, certamente necessitará de um meio prático para estimar a área foliar, o qual entre outras vantagens, facilitará os estudos de padrão de crescimento e ajudará a entender as diferenças de respostas entre tratamentos aplicados às mudas.

O objetivo deste trabalho foi definir, com base na largura e no comprimento do limbo foliar, um

meio rápido e não destrutivo de estimar, através de modelos matemáticos, a área foliar de mudas de mangabeira crescidas em dois ambientes distintos.

## MATERIAL E MÉTODOS

As folhas utilizadas para as análises foram provenientes de mudas utilizadas em um estudo de crescimento e desenvolvimento da mangabeira conduzidos em dois tipos de ambientes: viveiro a pleno sol (100% de luminosidade) e viveiro coberto com uma tela sombrite preta (50% de luminosidade), localizados no Campo Experimental da EMBRAPA/CPAC na Rodovia BR 020, Km 18, Planaltina-DF. O início das avaliações se deu a 16 de janeiro de 1991, quando as mudas estavam, em média, com cinco semanas (35 dias) de idade, e se estendeu até 18 de setembro de 1991, quando estavam, em média, com 40 semanas (280 dias) de idade.

As avaliações foram feitas tomando-se aleatoriamente uma muda de cada ambiente a cada época de avaliação. As épocas avaliadas foram oito, sendo cada uma feita a intervalos de cinco semanas. As folhas eram destacadas de cada muda, eliminavam-se os pecíolos, e as mesmas eram numeradas de 1 até "n", sendo a mais baixa a folha de número 1. Com uma régua milimetrada foram tomadas as medidas de comprimento a partir do ponto de destacamento do pecíolo até a ponta do limbo, e as de largura, na posição mais larga do limbo. Em seguida, a área foliar individual de cada limbo foi lida em um integrador de área foliar Hayashi Denko Co. LTD, Modelo AAM-7. A Fig. 1 ilustra uma folha de

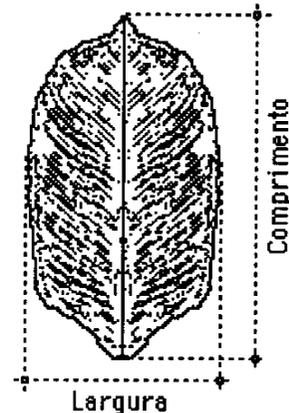


FIG. 1. Exemplo de uma folha de mangabeira e de como foram tomadas as medidas de comprimento e largura.

mangabeira mostrando como foram tomadas as medidas de largura e comprimento. Foram avaliadas um total de 150 folhas de diferentes idades e tamanhos.

Foram efetuadas análises de variância para verificar se as características comprimento e largura do limbo e área foliar foram afetadas pelas diferenças entre os dois tipos ambientes em que as mudas se desenvolveram. O modelo estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com diferente número de folhas para cada ambiente. O modelo estatístico foi:  $Y_{ij} = \mu + A_i + E_{ij}$ , onde  $A_i$  e  $E_{ij}$  são totalmente independentes um do outro, com  $A_i = 0$  e  $E_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$  e  $Y_{ij}$  = estimativa do parâmetro considerado;  $\mu$  = média verdadeira do parâmetro considerado;  $i = 1$  a 2 ambientes;  $j = 1$  a 'n' folhas;  $A_i$  = efeito dos ambientes; e  $E_{ij}$  = efeito aleatório das folhas dentro de cada ambiente (Steel & Torrie, 1980).

Regressões foram determinadas considerando área foliar como variável dependente, e o comprimento, a largura e o produto do comprimento com a largura, como variáveis independentes. O modelo estatístico para a regressão foi:  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \dots + \beta_k x_i^k + E_i$ , onde  $E_i \sim NI(0, \sigma^2)$  e  $Y_i$  = variável resposta (área foliar);  $\beta_0$  a  $\beta_k$  = constantes desconhecidas a serem estimadas;  $X_i$  = variável de predição (comprimento, largura ou comprimento x largura); e  $E_i$  = erro aleatório. Para verificar se os dados se adequavam ao modelo linear, foram feitos testes de "Lack of fit" (Steel & Torrie, 1980).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e a análise de variância do comprimento,

largura, largura x comprimento e área foliar, para os dois ambientes distintos. As análises de variância demonstraram, pelo teste F, que os dois ambientes não afetaram nenhuma das características estudadas. Os valores médios foram 4,36 cm para comprimento do limbo, 2,19 cm para a largura do limbo, 10,5 cm<sup>2</sup> para comprimento x largura, e 7,96 cm<sup>2</sup> para a área foliar. Portanto, somente uma curva de regressão foi determinada para cada uma das características correlacionadas com a área foliar, independentemente do ambiente em que se desenvolveram as mudas. Se os ambientes tivessem tido algum efeito nas características, seria preciso determinar, para cada característica, duas equações de regressão, uma para cada tipo de ambiente.

Inicialmente, foram feitas regressões lineares entre a área foliar e as outras medidas de comprimento. Para verificar se os dados se adequavam ao modelo linear, foram feitos testes de "Lack of fit" para as três equações encontradas. As características comprimento e largura do limbo não se adequaram bem ao modelo linear, e equações polinomiais do 2º grau tiveram de ser determinadas (Figs. 2 e 3). Já o produto do comprimento com a largura se adequou com excelente ajuste ao modelo linear (Fig. 4).

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas dos parâmetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  e as análises de variância para os modelos estudados. Observou-se que, para todas as características relacionadas com a

TABELA 1. Médias e análise de variância para as características comprimento e largura do limbo, comprimento x largura e área foliar de folhas de mudas de mangabeira.

Ambientes	Nº de folhas	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Comp. x Larg. (cm <sup>2</sup> )	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
100% de luminosidade	83	4,37 ± 0,18	2,25 ± 0,08	10,66 ± 0,72	8,02 ± 0,55
50% de luminosidade	67	4,34 ± 0,20	2,12 ± 0,08	10,29 ± 0,80	7,89 ± 0,61
Média		4,36 ± 1,62	2,19 ± 0,69	10,50 ± 6,56	7,96 ± 5,02
Valor de F		0,0123 n.s.	1,3329 n.s.	0,1145 n.s.	0,0212 n.s.
Prob. > F		0,9120	0,2502	0,7356	0,8845

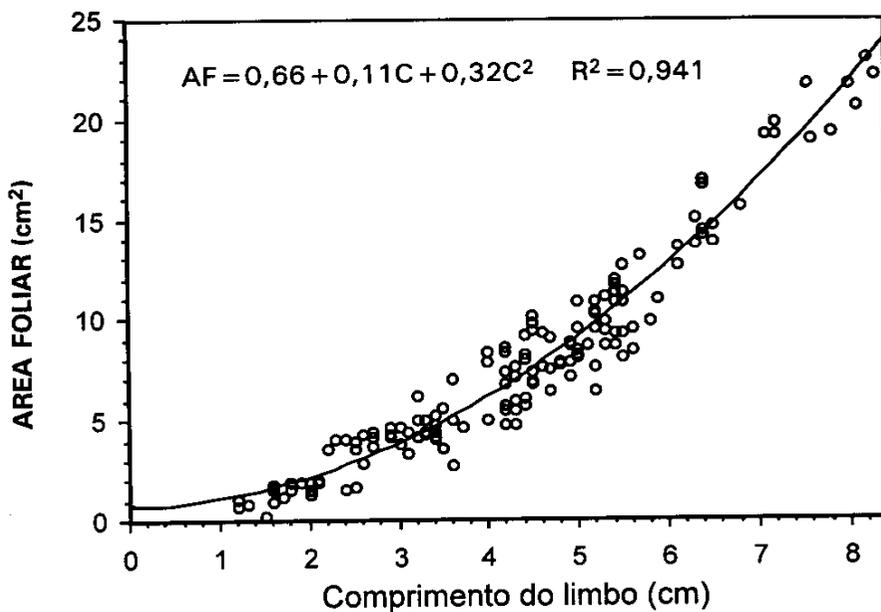


FIG. 2. Curva de regressão para área foliar e comprimento do limbo em mudas de mangabeira.

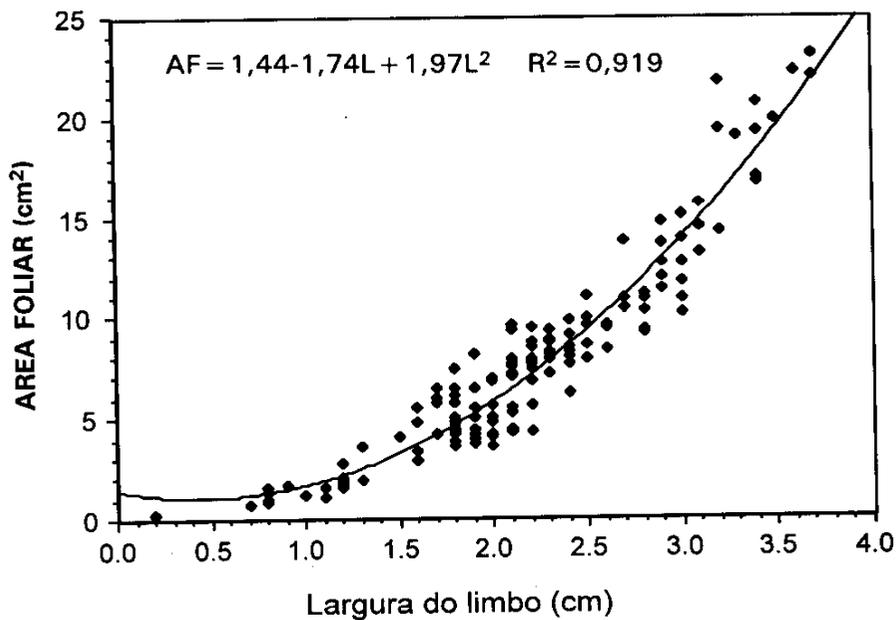


FIG. 3. Curva de regressão para área foliar e maior largura do limbo em mudas de mangabeira.

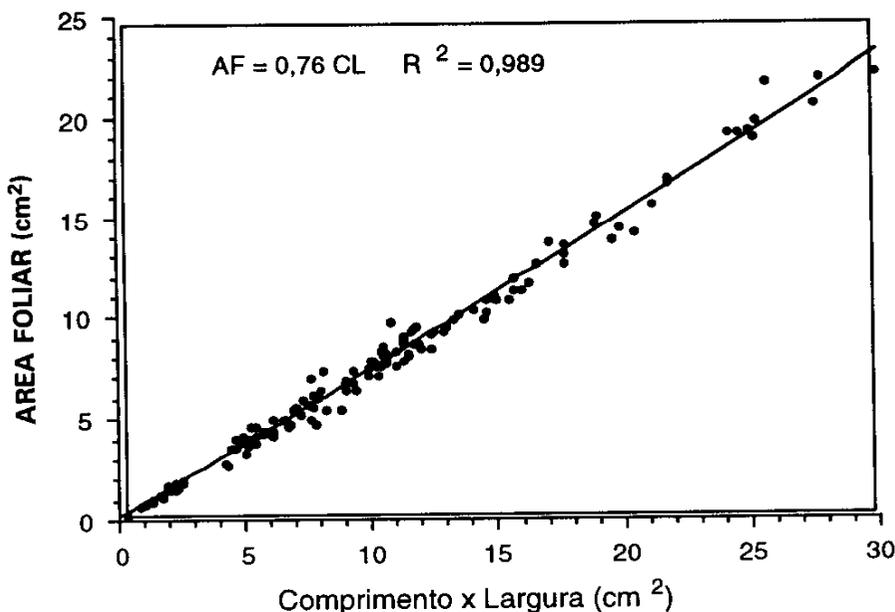


FIG. 4. Regressão linear entre a área foliar e o produto do comprimento com a largura em mudas de mangabeira.

TABELA 2. Estimativas dos parâmetros constantes  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  e as análises de variância para os modelos estudados.

Característica	Estatísticas	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2$	F	Prob.> F
Comprimento do limbo	Estimativa	0,660	0,107	0,317	0,941	999,999	0,0000
	Erro-padrão	0,597	0,276	0,030			
	Valor de T	1,110	0,390	10,52			
	Prob.> T	0,271	0,698	0,000			
Largura do limbo	Estimativa	1,435	-1,742	1,966	0,919	830,720	0,0000
	Erro-padrão	0,858	0,809	0,184			
	Valor de T	1,670	-2,150	10,68			
	Prob.> T	0,096	0,033	0,000			
Comprimento x Largura (1)	Estimativa	-0,038	0,762	-	0,989	999,999	0,0000
	Erro-padrão	0,080	0,006	-			
	Valor de T	-0,480	117,46	-			
	Prob.> T	0,6322	0,000	-			
Comprimento x Largura (2)	Estimativa	-	0,760	-	0,989	999,999	0,0000
	Erro-padrão	-	0,003	-			
	Valor de T	-	221,70	-			
	Prob.> T	-	0,000	-			

(1) equação com intercepto no eixo Y = -0,038.

(2) equação com intercepto no eixo Y = 0 (passando pela origem).

área foliar, os modelos foram altamente significativos ( $\text{Prob.} > F = 0,0000$ ). Os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que são definidos como a proporção da variância total em Y explicada pela dependência em X, em geral foram altos nas equações obtidas para as relações entre a área foliar e o comprimento (0,941), a largura (0,919) e o produto do comprimento com a largura (0,989). Porém, observa-se nitidamente, nas Fig. 2, 3 e 4, que o produto do comprimento com a largura apresentou a melhor adequação de modelo, com o maior valor para  $R^2$ , o que sugere que as estimativas de área foliar serão de maior precisão quando se utilizar esse modelo.

A equação linear, inicialmente obtida entre área foliar e o produto do comprimento com a largura, teve como intercepto do eixo Y (área foliar) o valor  $-0,038$ , que, além de não ser significativo ( $\text{Prob.} > T = 0,632$ ) e apresentar um alto erro-padrão (0,080), foi muito próximo de zero. Com base nessas observações, outra equação linear simplificada foi determinada sem a utilização da constante no modelo, isto é, com a origem da linha em zero, que é ponto de intercessão entre os eixos X e Y. A equação simplificada resultante,  $AF = 0,76 CL$ , apresentou uma magnitude da estimativa de  $\beta_1$  semelhante à equação linear inicialmente determinada, porém com menor erro padrão e maior valor de T, o que sugere preferencialmente a sua utilização. Além do mais, por ser simplificada, essa equação torna as estimativas de área foliar mais fáceis e mais rápidas. O coeficiente de determinação  $R^2$  dessa equação foi bem próximo de 1 ( $R^2 = 0,989$ ), o que demonstra que a maior parte da variação total da área foliar foi explicada pela sua relação linear com o produto do comprimento com a largura das folhas.

Sendo a mangabeira uma espécie que não apresenta polimorfismo foliar em diferentes idades de folhas e estádios de desenvolvimento da planta, sua folhas, independentemente do tamanho, apresentam formato oblongo bastante uniforme, o que favoreceu a obtenção do excelente ajuste da equação linear determinada entre a área foliar e o produto do comprimento pela largura do limbo.

Vale ressaltar que essas equações foram determinadas para mudas em condições de viveiro, e não devem ser utilizadas para estimativas de área

foliar em plantas no campo. Medidas lineares de folhas nessas condições, em vista da maior idade da planta no campo e de possíveis efeitos de diferenças ambientais nessas características, podem ultrapassar os valores-limites utilizados para determinação dessas regressões. Portanto, estudos da espécie em diferentes locais e anos são necessários para a determinação de equações para estimativas de área foliar, que podem ser semelhantes, ou não, às determinadas neste estudo.

## CONCLUSÕES

1. As diferenças entre os dois ambientes de viveiro, a pleno sol (100% de luminosidade) e coberto com tela sombrite (50% de luminosidade), não afetaram o comprimento, a largura, o produto do comprimento com a largura e a área foliar das folhas de mudas de mangabeira até 280 dias de idade.

2. As estimativas de área foliar de mudas de mangabeira podem ser feitas através das equações do comprimento do limbo ( $AF = 0,66 + 0,11 C + 0,32 C^2$ ) ou da largura do limbo ( $AF = 1,44 - 1,74 L + 1,97 L^2$ ). Porém, essas equações foram menos precisas que a equação que relaciona a área foliar com o produto do comprimento pela largura.

3. A equação linear  $AF = 0,76 C \times L$  foi a que maior precisão proporcionou na estimativa de área foliar de mudas de mangabeira, além de ser mais simples, mais fácil e de mais rápida utilização.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, R.S. ; MAESTRI, M. ; VIEIRA, M.; BRAGA FILHO, L.J. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. "Bourbon Amarelo"). *Revista Ceres*, v.20, n.107, p.44-52, 1973.
- BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- KVET, J.; MARSHALL, J.K. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In: SESTAK, Z., CATZKY, J.; JARVIS, P.G. *Plant photosynthetic production: manual of methods*. The Hague: Junk, 1971. p.517-555.

- MANIVEL, L.; WEAVER, R.J. Biometric correlations between leaf area and length measurements of "Grenache" grape leaves. *Hortscience*, v.9, n.1, p. 27-28, 1974.
- PEDRO JÚNIOR., M.J.; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS, F.P. Determinação da área foliar em videira cultivar "Niagara Rosada". *Bragantia*, v.45, n.1, p.199-204, 1986.
- REIS, G.G.; MÜLLER, M.W. *Análise de crescimento de plantas: mensuração do crescimento*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1978. 37p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.