

# METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE GENÓTIPOS DE MILHO

PEDRO ABEL VIEIRA JUNIOR<sup>1,6</sup>, DURVAL DOURADO NETO<sup>2,6</sup>, MARCOS SILVEIRA BERNARDES<sup>3</sup>, ANTONIO LUIZ FANCELLI<sup>3</sup>, PAULO AUGUSTO MANFRON<sup>4,6</sup> e THOMAS NEWTON MARTIN<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>*Pesquisador, M.Sc., Embrapa SNT EN Sete Lagoas, Caixa Postal 151, 35.900-470, Sete Lagoas, MG, pavieira@esalq.usp.br.*

<sup>2</sup>*Prof. Associado, Dr., Departamento de Produção Vegetal, Esalq/USP, Caixa Postal 9, 13.418-900, Piracicaba, SP.*

<sup>3</sup>*Prof. Doutor, Dr., Departamento de Produção Vegetal, Esalq/USP, Caixa Postal 9, 13.418-900, Piracicaba, SP.*

<sup>4</sup>*Prof. Titular, Dr., Departamento de Fitotecnia, UFSM. 97105-900, Santa Maria, RS.*

<sup>5</sup>*Eng. Agr., MSc, Doutorando ESALQ/USP, Secretaria do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, Piracicaba, São Paulo. 13418-900.*

<sup>6</sup>*Bolsista CNPq.*

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.2, p.182-191, 2006*

**RESUMO** – Este trabalho foi conduzido com os objetivos de determinar o perfil de plantas dos principais genótipos de milho utilizados no Brasil e avaliar uma metodologia para estimar as dimensões foliares e o índice de área foliar (IAF), a partir da folha de maior área. Instalou-se um experimento no município de Piracicaba, São Paulo, Brasil, composto por quarenta e quatro genótipos de milho, sendo três variedades de polinização aberta, oito híbridos duplos, oito híbridos triplos, dez híbridos simples e quinze linhagens. Foram avaliados os ângulos foliares individuais das plantas, o comprimento das folhas, suas larguras e as áreas foliares. As bases genéticas estudadas apresentaram performance distinta entre si para as variáveis avaliadas. As plantas de milho apresentaram perfil heptagonal, regular ou irregular, sendo possível empregar, para os genótipos cultivados no Brasil, a metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999), para estimativa do comprimento e da área foliar de milho, considerando as medidas da folha de maior área e sua ordem.

**Palavras-chave:** índice de área foliar, arquitetura de planta, *Zea mays* L., modelo matemático

## METHODOLOGY TO ESTIMATE MAIZE GENOTYPES LEAF AREA

**ABSTRACT** – This experiment was conducted aiming to characterize the plant architecture of the main maize genotypes used in Brazil and to evaluate the methodology to estimate leaf dimensions and leaf area index from the leaf with biggest area. For this reason, field experiment was installed at Piracicaba, State of São Paulo, Brazil, using forty-four maize genotypes, three open pollinated varieties, eight double hybrids, eight triple hybrids, ten single hybrids and fifteen lines. Leaf angles, leaf lengths, leaf widths and leaf areas were evaluated. The studied genetic bases had distinct performance for the evaluated variable. Maize plants presented heptagonal, regular or irregular architecture, and making it possible to use the methodology proposed by Stewart & Dwyer (1999) to estimate the length and

the area of the leaf considering the measurements of the leaf with biggest area and its order for the genotypes cultivates in Brazil.

**Key words:** leaf area index, plant architecture, *Zea mays* L., mathematic models

A cultura de milho apresenta produtividades próximas às potenciais, quando existem condições ambientais, genéticas e de manejo ótimas (Machado *et al.*, 2001). Subdividindo cada um dos itens citados anteriormente, percebe-se, que para uma determinada cultura utilizar eficientemente a luz na faixa do espectro visível, há a influência do índice de área foliar (IAF) e de parâmetros físicos, biológicos e alométricos que determinam a absorção da radiação incidente (Barni, 1994). Além disso, o IAF, o ângulo de inserção da folha, interceptação de luz por outras partes da planta, distribuição das folhas (arranjo de folhas na planta e de plantas no campo), características de absorção de luz pela folha e quantidade de radiação incidente, são os influenciadores da interceptação da radiação solar (Argenta *et al.*, 2001). Dessas, somente a quantidade de radiação solar não é afetada pela escolha do arranjo de plantas. Portanto, a escolha do arranjo de plantas adequado é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a produtividade de grãos de milho, pois afeta diretamente a interceptação de radiação solar, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (Evans, 1993; Loomis & Amthor, 1999).

Através do melhoramento genético da cultura de milho, pode-se obter plantas com menor estatura, menores pendões, menor número de folhas, colmos mais fortes, dentre outras características, existindo a possibilidade da adoção de menor espaçamento entre plantas na linha e, conseqüentemente, de maior densidade de plantas. Esses híbridos modernos normalmente requerem maior densidade de plantas para a maximização

da produtividade de grãos, por necessitarem de mais indivíduos por área para gerar IAF foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar (Sangoi, 2001).

A relação entre a área foliar e a atividade fotossintética é muito conhecida, o que, considerando as dificuldades inerentes à melhoria no processo de fixação do CO<sub>2</sub>, sugere alterações na arquitetura do dossel, com ênfase na otimização de interceptação da radiação solar (Machado, 1985; Sachulze & Caldwell, 1995). A arquitetura do dossel é caracterizada, principalmente, pela distribuição vertical e horizontal da área foliar, sendo descrita pelo valor e homogeneidade espacial do IAF.

Para determinação do IAF, há necessidade de medição da área foliar, a qual requer procedimentos laboriosos, morosos e, muitas vezes, imprecisos (Varlet Grancher *et al.*, 1993). Foram desenvolvidos modelos matemáticos para estimar a área foliar individual, a exemplo da correção do produto entre o comprimento e a largura da folha, por um fator variando entre 0,73 e 0,75 (Montgomery, 1911). Em geral, esses modelos são estudados em genótipos de clima temperado, contudo, Vieira Junior *et al.* (1998), corroborados por Elings (2000), determinaram que o fator 0,75 é o mais indicado para os genótipos de clima tropical ou subtropical, predominantes na atualidades no Brasil.

A respeito das vantagens representadas pela aplicação de modelos matemáticos na determinação da área foliar individual, a determinação da área foliar da planta requer a medição das dimensões de comprimento e largura de to-

das as folhas de uma planta. Ao utilizar modelos matemáticos que possuem como parâmetros dados reais (como, por exemplo, o comprimento e a largura da folha de maior área), existe a possibilidade de redução de custos na coleta do material experimental e sua análise. Além disso, haverá uma significativa redução da mão-de-obra para tal e a utilização e o desgaste dos equipamentos serão minimizados. Com isso, existe a possibilidade de aumentar o número de análises executadas, o que melhorará significativamente a precisão experimental. Em programas de melhoramento da cultura do milho, por exemplo, em que há a necessidade de empregar métodos não destrutivos das folhas para estimação da área foliar em que existem centenas de genótipos a serem avaliados, há a necessidade da utilização de um método rápido, fácil e preciso.

Considerando a relação entre IAF e atividade fotossintética, teoricamente, a arquitetura do dossel e o conseqüente IAF devem maximizar a produtividade da planta. Entretanto, no caso do milho, a produção em função do IAF apresenta comportamento quadrático, aumentando linearmente até um máximo, denominado ponto crítico, após o qual a produção é limitada pelo sombreamento das folhas superiores sobre as inferiores, que, em geral, não é crítico até o estágio fenológico de oito folhas (Dwyer *et al.*, 1992; Dourado Neto *et al.*, 2001; Maddoni *et al.*, 2001). Portanto, é possível inferir que a radiação suficiente para saturar as folhas superiores não é suficiente para saturar a fotossíntese da cultura, havendo necessidade da incidência de maior radiação sobre as folhas inferiores, fluxo de fótons fotossintéticos mínimo de  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (Dwyer *et al.*, 1992). Através do conhecimento do IAF e área foliar das plantas de milho, é possível melhorar a distribuição espacial das plantas no campo, bem como a sua população.

Os objetivos deste trabalho foram determinar o perfil atual das plantas de milho utilizadas no Brasil e avaliar a metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999) para estimar as dimensões foliares na planta de milho, a partir da folha de maior área, e, com isso, determinar o IAF.

### Material e Métodos

O experimento foi instalado em 2 de março de 2004, no município de Piracicaba-SP, a  $22^{\circ}41'55''\text{S}$  (latitude),  $47^{\circ}37'47''\text{W}$  (longitude), 509m (altitude). Foram semeados 44 genótipos de milho representativos das sementes disponíveis no Brasil, sendo três variedades de polinização aberta, oito híbridos duplos, oito híbridos triplos, dez híbridos simples e 15 linhagens. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo as parcelas compostas de três linhas com 4m de comprimento e espaçadas 0,8m. Realizou-se o desbaste das plantas, quando atingiram quatro folhas completamente expandidas, de modo a adequar a população de plantas (Tabela 1 e 2) àquela recomendada pelas empresas produtoras de sementes. O experimento foi mantido sob irrigação, tendo sido adotadas práticas fitotécnicas para maximizar o desenvolvimento das plantas. A adubação de base foi de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 5-25-25 e em cobertura (quando as plantas atingiram quatro folhas) utilizaram-se  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio.

Após dez dias do florescimento (50% dos estames com anteras liberando pólen) das plantas, foram medidos os ângulos foliares ( $\alpha$ , $^{\circ}$ ) individuais. Também foram coletadas e identificadas, a partir da base da planta, as folhas de quatro plantas da linha central em cada parcela. As demais variáveis mensuradas foram o comprimento das folhas (CF, cm) e suas larguras (LF, cm) e, com o

**TABELA 1.** Bases genéticas (BG: linhagem-L, variedade de polinização aberta-PA, híbrido duplo-HD, híbrido triplo-HT, híbrido simples-HS), população de plantas recomendada (PR, 1000pl.ha<sup>-1</sup>), médias do total de folhas na planta (TF), ordem da folha de maior área (FA), da correspondente à espiga principal (FE) e das medidas médias de comprimento (CF, cm), largura (LF, cm), ângulo foliar ( $\alpha$ , °), Esalq, USP, Piracicaba, SP, 2004.

G	BG	PR	TF	FA	FE	CF	LF	$\alpha$
1	L	80	9	5	5	83,0	7,0	32
2	L	100	10	5	6	58,0	6,5	36
3	L	100	13	6	6	56,0	5,0	40
4	L	100	13	5	6	55,5	5,5	29
5	L	100	9	4	5	79,5	5,0	35
6	L	90	13	4	5	52,5	5,0	32
7	L	100	9	5	5	59,5	7,0	23
8	L	100	9	3	4	52,0	5,0	33
9	L	100	11	4	5	63,0	4,5	34
10	L	100	10	3	4	56,5	4,5	34
11	L	85	11	4	5	71,0	4,5	37
12	L	100	11	5	5	66,5	6,0	30
13	L	95	11	5	5	68,0	7,0	28
14	L	100	12	6	6	73,0	6,0	28
15	L	100	12	5	5	68,0	6,3	30
16	PA	45	13	7	7	106,0	8,0	42
17	PA	50	14	7	7	100,0	14,5	43
18	PA	45	14	7	7	105,0	11,5	31
19	HD	60	12	6	6	83,0	9,5	30
20	HD	50	11	6	6	99,0	9,0	33
21	HD	55	11	5	5	92,0	8,0	35
22	HD	50	12	6	6	102,0	9,0	30
23	HD	65	13	6	7	92,0	7,5	32
24	HD	55	12	6	6	91,0	8,5	37
25	HD	45	14	6	6	93,0	8,3	36
26	HD	45	12	5	5	106,0	11,0	28
27	HT	75	13	6	6	70,5	7,5	31
28	HT	80	12	5	6	64,5	6,5	33
29	HT	70	11	5	6	80,0	8,0	31
30	HT	70	11	6	6	91,5	7,0	26
31	HT	65	12	6	6	88,5	8,0	30
32	HT	65	10	4	5	96,0	8,0	30
33	HT	50	12	6	6	89,0	10,0	24
34	HT	50	14	6	6	94,0	9,5	25
35	HS	65	13	7	7	88,0	8,0	26
36	HS	75	11	5	6	85,0	6,5	32
37	HS	80	14	7	7	76,5	6,5	29
38	HS	85	11	6	6	72,5	7,0	31
39	HS	70	10	4	5	94,0	8,0	22
40	HS	75	12	6	6	93,0	6,0	30
41	HS	90	12	6	6	75,0	6,5	25
42	HS	75	14	7	7	76,0	7,0	22
43	HS	80	12	6	6	86,0	6,5	29
44	HS	95	13	6	6	77,0	6,0	19

**TABELA 2.** Bases genéticas (BG: linhagem-L, variedade de polinização aberta-PA, híbrido duplo-HD, híbrido triplo-HT, híbrido simples-HS), médias de comprimento da folha (CF, cm), largura (LF, cm), ângulo foliar ( $\alpha$ , °), área foliar por planta medida ( $AF_{med}$ ,  $cm^2$ ) e estimada ( $AF_{est}$ ,  $cm^2$ ), relação entre a área foliar por planta medida e estimada (PAF, %), projeção horizontal (PH, cm) da folha de maior área, e coeficientes de determinação entre os valores medidos e estimados do comprimento ( $r^2$  CF) e área ( $r^2$  AF) das folhas. Esalq, USP, Piracicaba, SP, 2004.

G	BG	$AF_{med}$	$AF_{est}$	PAF	PH	$r^2$ CF	$r^2$ AF
1	L	2832	2946	96,13	44,0	98,98	95,45
2	L	1984	2012	98,62	34,1	80,61	91,98
3	L	1835	1696	108,22	36,0	97,69	80,88
4	L	1801	1770	101,74	26,9	96,43	98,83
5	L	1786	1953	91,44	45,6	95,45	80,44
6	L	1334	1419	94,01	27,8	93,08	95,99
7	L	1975	2112	93,51	23,2	82,72	98,86
8	L	1129	1178	95,83	28,3	88,83	95,39
9	L	1397	1477	94,57	35,2	93,16	99,11
10	L	1139	1179	96,61	31,6	96,35	92,89
11	L	1554	1664	93,40	42,7	97,05	97,51
12	L	2036	2206	92,30	33,3	93,74	92,81
13	L	2530	2631	96,16	31,9	90,50	97,01
14	L	2490	2578	96,60	34,3	84,63	98,02
15	L	2502	2412	103,75	34,0	92,88	98,33
16	PA	5320	5239	101,53	70,9	94,81	98,82
17	PA	9521	9244	102,99	68,2	96,11	97,96
18	PA	7771	7698	100,94	54,1	98,51	99,91
19	HD	4642	4640	100,04	41,5	98,80	87,74
20	HD	4718	5050	93,41	53,9	89,45	99,18
21	HD	3828	4068	94,10	52,8	98,36	86,54
22	HD	4923	5402	91,12	51,0	94,52	93,40
23	HD	3896	4178	93,24	48,8	95,40	97,58
24	HD	4285	4552	94,14	54,8	97,76	93,12
25	HD	5229	4759	109,89	54,7	97,29	96,63
26	HD	6979	6617	105,48	49,8	98,96	91,38
27	HT	3254	3202	101,63	36,3	87,57	94,02
28	HT	2454	2379	103,14	35,1	94,71	94,03
29	HT	3329	3538	94,09	41,2	82,36	94,23
30	HT	3501	3630	96,43	40,1	87,18	96,79
31	HT	4136	4166	99,26	44,3	87,81	98,66
32	HT	4092	3903	104,84	48,0	95,97	92,58
33	HT	5095	5237	97,28	36,2	96,40	83,29
34	HT	5932	5539	107,11	39,7	98,59	90,88
35	HS	4092	4349	94,07	38,6	85,03	98,58
36	HS	2800	3054	91,69	45,0	97,60	85,99
37	HS	3254	3170	102,63	37,1	93,91	97,56
38	HS	2598	2877	90,31	37,3	80,94	96,71
39	HS	3679	3822	96,25	35,2	97,62	80,78
40	HS	3287	3284	100,09	46,5	87,36	97,12
41	HS	2614	2869	91,11	31,7	83,77	98,54
42	HS	3687	3392	108,72	28,5	89,31	98,33
43	HS	2980	3290	90,59	41,7	99,20	89,34
44	HS	2577	2798	92,10	25,1	94,31	97,88

emprego de planímetro, as áreas das folhas, correspondendo ao somatório das áreas das folhas de uma planta à área foliar medida da planta ( $AF_{med}$ ,  $cm^2$ ). A partir da base da planta, numeraram-se as folhas, para obter-se o número da folha de maior tamanho. Foram calculados os valores médios por planta para cada genótipo dos ângulos foliares ( $\alpha$ , °), dos comprimentos, das larguras e das áreas médias.

Para a determinação da área foliar a partir da folha com maior comprimento, empregou-se a metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999), expressa nas equações 1 a 4.

$$A_i = A_m * \exp[x(i - m)^2 + y(i - m)^3] \quad (1)$$

$$C_i = C_m * \exp[\frac{x}{2}(i - m)^2 + \frac{y}{2}(i - m)^3] \quad (2)$$

$$x = -0,0664 + 0,00197 * i \quad (3)$$

$$y = -0,00078 + 0,00000449 * i \quad (4)$$

em que  $A_i$  é a área da folha ( $cm^2$ ) de ordem  $i$ , contada da base da planta, em função das medidas da folha de ordem  $m$  de maior área individual ( $A_m$ ,  $cm^2$ ), e  $C_i$  é o comprimento da folha de ordem  $i$ , contada da base da planta, em função das medidas da folha de ordem  $m$  de maior comprimento individual ( $C_m$ ,  $cm$ ).

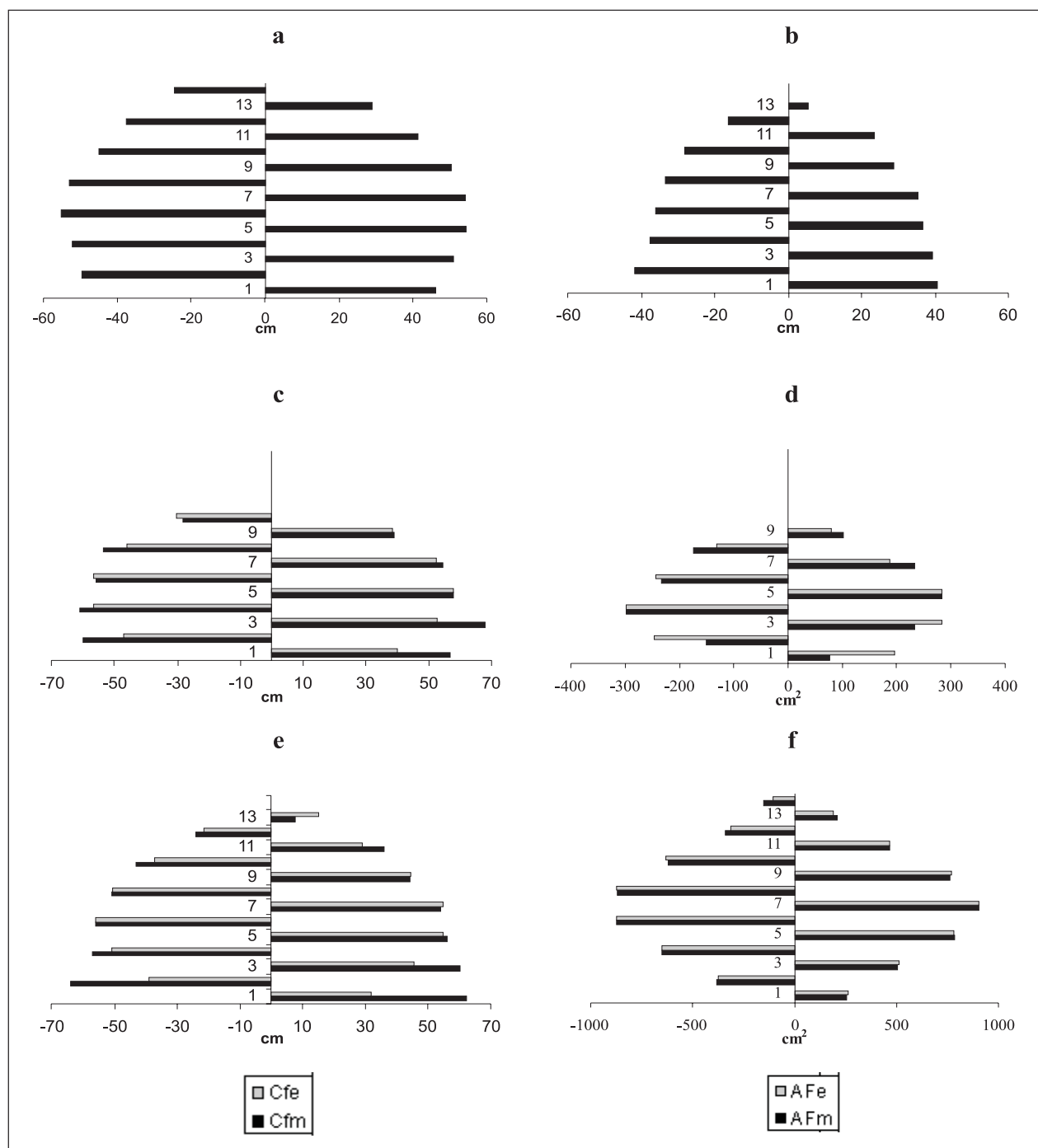
O somatório das áreas estimadas das folhas de uma planta correspondeu à área foliar estimada da planta ( $AF_{est}$ ,  $cm^2$ ). Com o emprego do sistema computacional R (Ribeiro Júnior & Brown, 2001), os resultados estimados de comprimento e área foliar foram relacionados aos medidos, calculando-se os respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ , %), bem como a proporção entre as áreas foliares medidas e estimadas (PAF, %). A arquitetura das plantas de cada

genótipo foi detectada através da plotagem dos dados do comprimento de cada uma das  $n$  folhas, de acordo com o seu número de ordem, na forma gráfica, através do uso do Microsoft Excel®.

## Resultados e discussão

Na Figura 1, estão representados dois exemplos de arquitetura foliar assumidas pelos genótipos avaliados, sendo que 72,72% dos genótipos apresentaram perfil classificado como pentágono regular (Figura 1a, genótipo 18), 25% apresentaram perfil pentágono irregular (Figura 1b, genótipo 3) e apenas um genótipo de uma variedade de polinização aberta, portanto, com representatividade limitada no cultivo brasileiro, apresentou perfil diferente dos citados anteriormente. As Figuras 1c e 1e (genótipos 2 e 5) e 1d e 1f (genótipos 3 e 18) representam o comprimento foliar e a área foliar (estimado e máximo) para todas as folhas das plantas. Os comprimentos foliares máximos medidos foram de 68cm para o genótipo 2 (Figura 1c) e 64cm para o genótipo 3 (Figura 1d) e os comprimentos foliares mínimos medidos foram, respectivamente, para os mesmos genótipos, 28cm (Figura 1c) e 7,5cm (Figura 1d). O comprimento foliar máximo estimado para o genótipo 2 foi de 58cm (Figura 1c) e, para o genótipo 3, foi de 56cm (Figura 1d). Os valores mínimos de comprimento foliar estimados para os genótipos 2 e 3 foram, respectivamente, 30,14m e 14,97cm, (Figuras 1c e 1d). A área foliar máxima estimada para o genótipo 5 foi de 298,13 $cm^2$  (Figura 1e) e, para o genótipo 18, foi de 905,63 $cm^2$  (Figura 1f). A elevada variabilidade dos valores observados ocorre em decorrência do amplo material genético (diversidade de genótipos) que é encontrado no Brasil.

Com relação à metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999) para a estimativa do



**FIGURA 1.** Representação dos perfis das plantas de milho, pentágono regular do genótipo 18 (a) e irregular do genótipo 3 (b), considerando as projeções horizontais das folhas. Genótipos 2 (c) e 5 (e) representados pelos comprimentos medidos (C<sub>fm</sub>, cm) e estimados (C<sub>fe</sub>, cm), e genótipos 3 (d) e 18 (f) representados pelas áreas foliares medidas (A<sub>fm</sub>, cm<sup>2</sup>) e estimadas e (A<sub>fe</sub>, cm<sup>2</sup>). Esalq, USP, Piracicaba, SP, 2004.



comprimento (CF, cm) e da área foliar (AF, cm<sup>2</sup>), verificou-se que os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) variaram de 80,61% a 98,98%, e de 80,78% a 99,18%, respectivamente (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Elings (2000), portanto, sendo possível inferir sobre a possibilidade do emprego dessa metodologia para a estimativa do IAF na cultura do milho, considerado como o produto da área foliar pela população de plantas.

Observa-se (Tabela 1) que, em 71,27% dos casos, a primeira espiga coincidiu com a folha de maior área, coincidindo, no restante dos genótipos, com a folha imediatamente inferior. Portanto, é possível inferir que, medindo as dimensões foliares de comprimento e largura da folha correspondente à primeira espiga e a imediatamente inferior, considerando-se o resultado do produto dessas dimensões corrigido por 0,75 para estimativa da área foliar, é possível estabelecer a ordem da folha de maior área foliar requerida pela metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999).

Verificou-se que, em 75% dos casos, a folha da primeira espiga apresentou o menor ângulo foliar ( $\alpha$ , °), correspondendo o restante à folha imediatamente superior à da espiga principal. Tendo em vista que o menor ângulo foliar ( $\alpha$ , °) ocorreu na folha correspondente à espiga principal ou na imediatamente superior, em 37 genótipos (84,08%), a maior projeção horizontal foliar (PH, cm), correspondeu à folha imediatamente inferior à da espiga principal, sendo o restante dos casos coincidente com a folha imediatamente inferior a essa. Considerando-se os perfis com a orientação predominantemente perpendicular das folhas à linha de semeadura, segundo Maddoni *et al.* (2001) e Maddoni *et al.* (2002), é possível inferir sobre a validade da aplicação da largura da folha de maior área e da maior proje-

ção horizontal foliar (PH, cm) como determinantes das distâncias mínimas entre plantas na linha de semeadura e entre linhas de semeadura, respectivamente, bem como, da população e IAF máximos.

Dos resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que os valores das áreas foliares medidas (AF<sub>med</sub>, cm<sup>2</sup>) por planta variaram de 1.128,56 a 9.521,07 cm<sup>2</sup>, enquanto os valores das áreas foliares estimadas (AF<sub>est</sub>, cm<sup>2</sup>) variaram de 1.177,67 a 9.244,24 cm<sup>2</sup>. Assim, é importante destacar que os coeficientes de relação ( $r^2$ , %) entre as áreas medidas e estimadas foram superiores a 80%, indicando a possibilidade da utilização da metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999) para estimar a área foliar de plantas de milho dos genótipos brasileiros. O IAF máximo e real variou de 3,9 a 9,3 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> e de 1,2 a 4,8 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>, respectivamente. As bases genéticas estudadas apresentam resultados distintos com relação às variáveis estudadas.

Para os seis genótipos estudados nos onze ambientes, Elings (2000) verificou que a média do número total de folhas nas plantas atingiu 20,4 (variou de 14,7 a 20,9), o índice de área foliar médio foi de 3,53 (variando de 0,81 a 6,54) e que a fração relativa média da maior folha em relação à área total da planta foi de 0,102 (variando de 0,077 a 0,133). Porém, esse autor utilizou genótipos de um programa de melhoramento genético. No presente caso, os genótipos utilizados são materiais comerciais disponíveis no mercado de sementes.

Analisando as cinco bases genéticas (linhagem, híbrido simples, híbrido triplo, híbrido duplo e variedade de polinização aberta) que compuseram o experimento, percebe-se que os representantes da base genética variedade de polinização aberta apresentaram os maiores resultados médios para todas as variáveis avalia-



das. Dessa forma, caracterizam-se as variedades cultivadas em plantas cujo número médio total de folhas é de 13,67, a folha de maior área é a sétima, que coincide com a folha da espiga. O comprimento médio das folhas é de 103,67cm e a sua largura é de 11,33cm. O ângulo foliar médio é de 38,67°, a área foliar média medida e estimada são de 7537,33cm<sup>2</sup> e 7393,67cm<sup>2</sup>, respectivamente. A relação entre a área foliar por planta medida e estimada foi de 101,82%, a projeção horizontal foi de 64,40cm. Essas características permitem inferir que plantas com essas características necessitam de maiores espaçamentos entre linhas, em comparação com os representantes das bases genéticas híbridos simples e linhagem. Quanto aos resultados referentes às variáveis para as linhagens e para os híbridos simples, verifica-se que essas duas bases genéticas apresentam os menores valores. A partir daí, pode-se inferir que esses tipos de base genética podem ser semeados em uma maior densidade de plantas, com menores espaçamentos entre linhas e/ou maior quantidade de sementes por metro. Considerando-se o número total das folhas e a área foliar da maior folha, a área foliar pode ser estimada diretamente (Elings, 2000). O mesmo autor acrescenta que a utilização de cinco plantas (utilizando-se a folha de maior área por planta) para a predição da área foliar total é suficiente.

### Conclusões

As bases genéticas estudadas apresentaram desempenho distinto entre si, para as variáveis avaliadas. As plantas de milho apresentam perfil heptagonal, regular ou irregular, sendo possível empregar, para os genótipos cultivados no Brasil, a metodologia proposta por Stewart & Dwyer (1999) para a estimativa do comprimento e da área foliar de milho, considerando as medidas da folha de maior área e sua ordem.

### Literatura Citada

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BARNI, N. A. **Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica**. 1994. 249 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L.; LOPES, P. P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Coord.). **Milho: tecnologia da produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 120-125.

DWYER, L. M.; STEWART, D. W.; HAMILTON, R. R. I; HOUWING, L. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, p. 430-438, 1992.

ELINGS, A. Estimation of leaf area in tropical maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 436-444, 2000.

EVANS, L. T. Processes, genes, and yield potential. In: BUXTON, D. R.; SHIBLES, R.; FORSBERG, R. A., BLAD, B. L.; ASAY, K. H.; PAULSEN, G. M.; WILSON, R. F.. (Eds.) **International Crop Science**. Madison: Crop Scienc Society of America, 1993. p.54-71.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, p.1584-1596, 1999.

MACHADO, E. C. Eficiência fotossintética. In: SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍ-

- COLA, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1985. p.12-15.
- MACHADO, S.; BYNUM, E. D.; ARCHER, T. L.; LASCANO, R. J.; BORDOVSKY, J.; BRONSON, K.; NESMITH, D. M.; SEGARRA, E.; ROSENOW, D. T.; PETERSON, G. C.; XU, W. Spatial and temporal variability of sorghum and corn yield: interactions of biotic and abiotic factors. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER RESOURCE MANAGEMENT, 5., 2000, Bloomington. **Proceedings...** [Madison.]: ASA/CSSA/SSSA, 2000. CD-ROM.
- MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E.; ANDRIEU, B.; CHELLE, M.; CASAL, J. J. Maize leaves turn away from neighbors. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 130, n. 3, p. 1181-1189, 2002.
- MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Fields Crops Research**, Amsterdam, v. 71, p. 183-193, 2001.
- MONTGOMERY, E.G. Correlation studies in corn. **Annual Report Agricultural Experiment Station of Nebraska**, Lincoln, v. 24, p. 108-159, 1911.
- RIBEIRO Jr., P. J.; BROWN, P. E. Some words on the R project. **The ISBA Bulletin**, Rio de Janeiro, v.8, n. 1, p. 12-16, 2001.
- SACHULZE, E. D.; CALDWELL, M. M. **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 576 p.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.1, p. 159-168, 2001.
- STEWART, D. W.; DWYER, L. M. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 422-427, 1999.
- VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H (Eds.); **Crop structure and light microclimate**. Paris: INRA, 1993. 518 p.
- VIEIRA JUNIOR, P.A.; FARIA, L.A.; JORGE, L.A.C.; MANTOVANI, E.; ANDREOLI, C. Estimativa da área foliar na cultura de milho com emprego da técnica de análise de imagens. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO 22., 1998, Recife. **Anais...** Recife: IPA, 1998. CD-ROM.