



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

Richter, Gean Leonardo; Zanon Júnior, Alencar; Streck, Nereu Augusto; Carús Guedes, Jerson
Vanderlei; Kräulich, Bruno; Marques da Rocha, Thiago Scmitz; Minussi Winck, José Eduardo; Ceolin
Cera, Jossana

Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo

Bragantia, vol. 73, núm. 4, octubre-diciembre, 2014, pp. 416-425

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90833504010>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

 redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo

Gean Leonardo Richter; Alencar Zanon Júnior; Nereu Augusto Streck (*); Jerson Vanderlei Carús Guedes; Bruno Kräulich; Thiago Scmitz Marques da Rocha; José Eduardo Minussi Winck; Jossana Ceolin Cera

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Fitotecnia, Av. Roraima, 1000, 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil.
(*) Autor correspondente: nstreck2@yahoo.com.br

Recebido: 4/jun./2014; Aceito: 21/ago./2014

Resumo

O objetivo do trabalho foi determinar um modelo matemático empírico que estime a área de folhas em cultivares de soja a partir de dimensões lineares da folha, com ênfase para cultivares modernas e recentemente em uso por agricultores no Rio Grande do Sul. Para isso, foi realizado um experimento de campo em Santa Maria com 13 cultivares (NS 4823 RR, BMX Energia RR, Igra RA 518 RR, BMX Turbo RR, NA 5909 RG, TMG 7161 RR Inox, TEC 5936IPRO, IAS 5, BMX Potência RR, Fepagro 36 RR, BRS 246 RR, Bragg e CD 219 RR) durante três anos agrícolas (2010/2011, 2012/2013 e 2013/2014). Foram coletadas 20 folhas de cada cultivar para a calibração do modelo e outras 50 folhas para testar a capacidade preditiva do mesmo, nas quais foi medido o comprimento (C) e a maior largura (L) de cada folíolo central dos trifólios. A partir da relação entre área da folha e as dimensões lineares do folíolo central foi ajustado um modelo linear para cada cultivar e um modelo geral para todas as cultivares. A capacidade preditiva das equações foi avaliada pelas estatísticas raiz quadrada média do erro, BIAS, índice de concordância modificado e coeficiente r. Os resultados indicam que o método não destrutivo, baseado nas dimensões lineares do folíolo central, é apropriado para a estimativa da área de folhas individuais em soja e que a equação geral AF = 2,0185.(C.L) pode ser utilizada para várias cultivares modernas de soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, índice de área foliar, modelos matemáticos, dimensões lineares.

Estimating leaf area of modern soybean cultivars by a non-destructive method

Abstract

The objective of this study was to determine an empirical mathematic model for estimating leaf area of different soybean cultivars from leaf dimensions, with emphasis to modern and currently used soybean cultivars used in Rio Grande do Sul. A field experiment conducted at Santa Maria during three growing seasons (2010/2011, 2012/2013 and 2013/2014) and 13 soybean cultivars (NS 4823 RR, BMX Energia RR, Igra RA 518 RR, BMX Turbo RR, NA 5909 RG, TMG 7161 RR Inox, TEC 5936IPRO, IAS 5, BMX Potência RR, Fepagro 36 RR, BRS 246 RR, Bragg e CD 219 RR) was used. Twenty leaves of each cultivar were used for calibrating the model and another 50 leaves were used for testing the predictive capacity of the model as independent data. The model is based on the length (L) and the greatest width (W) of the central foliole of trifoliolate leaf. The relationship between leaf area and the linear dimensions of the central foliole was fitted to a linear model for each cultivar as well as to a generalized model for all cultivars. The predictive capacity of the equations was evaluated with the statistics root mean square error, BIAS, modified index of agreement and coefficient r. The results indicate that the non destructive method, based on linear dimensions of the central foliole is appropriate for estimating the area of individual leaves in soybean and that the general equation LA = 2,0185.(L.W) can be used for several modern soybean cultivars.

Key words: *Glycine max*, leaf area index, mathematics models, linear dimensions.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*), pertence à família Fabaceae, é a principal fonte de óleo vegetal do mundo (Streck et al., 2008). Devido à importância econômica dessa cultura para o Brasil e para o estado do Rio Grande do Sul e à grande velocidade com que novas cultivares de soja são lançadas anualmente, estudos básicos que auxiliam

extensionistas e consultores a entender melhor aspectos relacionados ao crescimento e ao desenvolvimento dessas novas cultivares devem ser realizados de forma constante (Vernetti e Vernetti Junior, 2009). A determinação da área foliar é importante na avaliação da eficiência fotossintética das plantas, na determinação de danos bióticos e abióticos

na cultura, em estudos de análise de crescimento e por ser um grande condicionante da produtividade comercial da cultura (Setiyono et al., 2008).

Os métodos para determinação da área foliar podem ser destrutivos ou não destrutivos (Marshall, 1968). Aqueles métodos que exigem a retirada da folha ou de outras estruturas são denominados destrutivos ou laboratoriais, sendo que as desvantagens desse método é não ser aplicável em estudos onde a quantidade de amostras é limitada. Por outro lado, com os métodos não destrutivos, as medidas são realizadas nas plantas, sem amostragens destrutivas, preservando sua integridade e permitindo a continuidade das medidas na mesma planta durante todo ciclo de desenvolvimento (Adami et al., 2008; Bakhshandeh et al., 2011).

Dentre os métodos não destrutivos destacam-se aqueles em que a área foliar verdadeira é estimada por meio de medidas lineares do limbo foliar tomadas diretamente nas folhas das plantas (Fagundes et al., 2009; Maldaner et al., 2009; Wiersma e Bailey, 1975). Fontes e Araújo (2007) observaram que o uso do comprimento e largura das folhas em modelos matemáticos para estimar a área foliar é uma alternativa que associa precisão e baixo custo, eliminando a necessidade de equipamentos sofisticados ou a realização de demoradas reconstruções geométricas, e sem necessidade de se realizar coleta das folhas. Após serem determinados o comprimento e a largura das folhas, deve-se ajustar uma regressão linear entre essas duas variáveis que permite estimar o quociente entre a área real e o produto do comprimento pela largura. A partir desse quociente, chamado de “fator de correção”, pode-se estimar a área de qualquer outra folha da espécie, a partir do produto de suas dimensões lineares (comprimento e largura máxima) (Fagundes et al., 2009).

Para cultura da soja, estudos anteriores já determinaram modelos de estimativa da área das folhas a partir de dimensões lineares da folha (Bakhshandeh et al., 2011; Wiersma e Bailey, 1975). Com a introdução de novas cultivares de soja no Sul do Brasil, que apresentam hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce (Meotti et al., 2012; Verneti e Verneti Junior, 2009), grupos de maturação variando entre 4,5 e 7,5, e um menor índice de área foliar (Guedes et al., 2010) comparado com cultivares de hábito de crescimento determinado e ciclos médios e longos (Tian et al., 2010), há necessidade de se revisitar os modelos não destrutivos disponíveis na literatura para estimar a área foliar em soja.

O objetivo do trabalho foi determinar um modelo matemático empírico que estime a área de folhas em cultivares de soja a partir de dimensões lineares da folha, com ênfase para cultivares modernas e recentemente em uso por agricultores no Rio Grande do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS ($29^{\circ}43' S$, $53^{\circ}43' W$, 95 m), localizada na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (Kuinchtner e Buriol, 2001). Foram utilizadas 13 cultivares de soja, as quais estão descritas na tabela 1, e que foram selecionadas por representar diferentes grupos de maturação, hábitos de crescimento e formato de folha (Figura 1). Das 13 cultivares, duas são antigas (Bragg e IAS 5), cultivadas nas décadas de 1960, 1970 e 1980 no Rio Grande do Sul (Rubin e Santos, 1996), e as outras 11 cultivares vêm sendo cultivadas no RS principalmente a partir de 2005.

Foram realizadas duas datas de semeadura no ano agrícola 2010/2011 (10/12/2010 e 8/1/2011), quatro datas de semeadura no ano agrícola 2012/2013 (22/9/2012, 3/11/2012, 1/12/2012 e 6/2/2013) e duas datas de semeadura no ano agrícola 2013/2014 (27/9/2013 e 15/11/2013). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada bloco foi constituído por 13 linhas de 3 m de comprimento espaçadas 0,45 m, com uma densidade de 30 plantas m^{-2} . Cada linha foi composta de uma cultivar e considerada uma parcela. A adubação de base, a inoculação da semente com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, o tratamento da semente com fungicida e inseticida e o controle de pragas e doenças foram de acordo com as recomendações técnicas da cultura. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais visando evitar a competição por água, luz e nutrientes. A irrigação por aspersão nos anos agrícolas 2010/2011 e 2012/2013 e por gotejamento no ano agrícola

Tabela 1. Cultivares de soja (e sua descrição quanto ao grupo de maturação e hábito de crescimento) utilizadas no experimento de campo; Santa Maria, RS, 2014

Cultivar	Grupo de maturação	Hábito de crescimento
NS 4823 RR	4,8	Indeterminado
BMX Energia RR	5,3	Indeterminado
Igra RA 518 RR	5,7	Semideterminado
BMX Turbo RR	5,8	Indeterminado
NA 5909 RG	5,9	Indeterminado
TMG 7161 RR Inox	5,9	Indeterminado
TEC 5936IPRO	5,9	Indeterminado
IAS 5	6,3	Determinado
BMX Potência RR	6,7	Indeterminado
Fepagro 36 RR	7,1	Determinado
BRS 246 RR	7,2	Determinado
Bragg	7,3	Determinado
CD 219 RR	8,2	Determinado

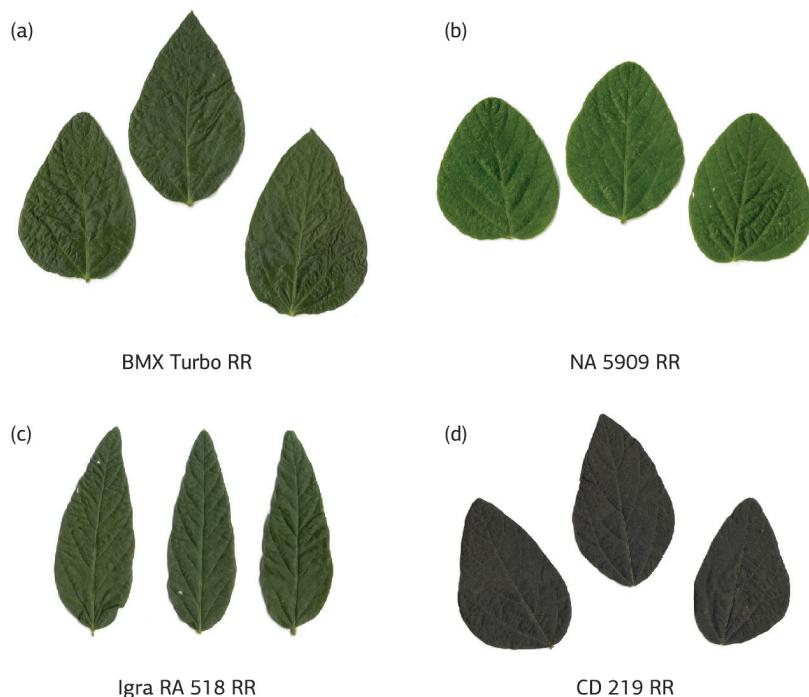


Figura 1. Exemplo de formatos de folhas das cultivares BMX Turbo RR (a), NA 5909 RR (b), Igra RA 518 RR (c) e CD 219 RR (d) utilizadas no experimento de campo em Santa Maria, RS.

2013/2014 foi realizada sempre que necessário para manter as plantas sem estresse hídrico.

Para a estimativa das equações que relacionam a área de folhas individuais com as dimensões lineares, coletaram-se 20 folhas, de diversos tamanhos, nos diferentes extratos da planta, ao longo do ciclo de desenvolvimento de cada cultivar, nas duas datas de semeadura do primeiro ano agrícola para 11 cultivares (NS 4823 RR, BMX Energia RR, Igra RA 518 RR, BMX Turbo RR, NA 5909 RG, IAS 5, BMX Potência RR, Fepagro 36 RR, BRS 246 RR, Bragg e CD 219 RR). Nas cultivares TMG 7161 RR Inox e TEC 5936IPRO as 20 folhas foram coletadas na semeadura 27/9/2013.

Após a coleta das 20 folhas, foram medidos o comprimento e a maior largura do folíolo central do trifólio. Depois, realizou-se a digitalização de cada folha em um scanner a 300 dpi. Calculou-se a área individual de cada folha (AF) digitalizada com auxílio do software Quant, versão 1.0.1. A partir da relação entre área da folha e suas dimensões lineares foi ajustado um modelo linear considerando o produto das suas dimensões lineares (comprimento x largura) (Equação 1):

$$AF = a \cdot (C \cdot L) \quad (1)$$

em que AF é a área da folha (cm^2), C é o comprimento da folha (cm), L é a maior largura da folha (cm), a é o coeficiente angular. O coeficiente angular (a) foi estimado por regressão linear, forçando-se a reta a passar na origem (coeficiente linear nulo) usando-se o software Table

Curve. Optou-se por forçar a regressão linear pela origem (coeficiente linear nulo), pois biologicamente é mais correto do que estimar um coeficiente linear estatisticamente, já que se não há dimensões lineares não deve haver área foliar. Além disso, em virtude de anualmente serem lançadas novas cultivares de soja, foi estimada uma equação geral para todas as cultivares, utilizando dados de todas as cultivares para a calibração.

Durante o ano agrícola de 2012/2013, foi coletado um total de 50 folhas de 11 cultivares nas quatro datas de semeadura, e no ano 2013/2014 na segunda data de semeadura para as cultivares TMG 7161 RR Inox e TEC 5936IPRO, para testar a capacidade preditiva das equações específicas de cada cultivar e da equação geral com dados independentes.

O desempenho das equações específicas de cada cultivar e da equação geral foi avaliado com base nas estatísticas: raiz do quadrado médio do erro (RQME) – equação 2 (Janssen e Heuberger, 1995), índice de concordância modificado (d1) – equação 3 (Willmott et al., 1985), índice BIAS – equação 4 (Leite e Andrade, 2002), coeficiente de correlação (r) – equação 5.

$$RQME = [\sum (Si - Oi)^2 / n]^{0.5} \quad (2)$$

$$d1 = 1 - [\sum |Si - Oi|] / [\sum (|Si - \bar{O}| + |Oi - \bar{O}|)] \quad (3)$$

$$BIAS = (\sum Si - \sum Oi) / \sum Oi \quad (4)$$

$$r = \sum (Oi - \bar{O}) (Si - \bar{S}) / \{[\sum (Oi - \bar{O})^2][\sum (Si - \bar{S})^2]\}^{0.5} \quad (5)$$

Nas equações 2, 3, 4 e 5, o Si representa os valores de AF (cm^2/folha) estimados, Oi os valores de AF (cm^2/folha) observados e n o número de observações.

A RQME expressa à magnitude do erro produzido pelo modelo, de modo que quanto mais próximo de zero melhor é o modelo (Janssen e Heuberger, 1995). O índice d1 (Willmott et al., 1985) é uma modificação do índice d originalmente proposto por Willmott (1981), pois a utilização da função quadrática na equação original pode resultar em valores elevados desse índice e a modificação tende a resultar em um índice mais rigoroso (Willmott et al., 1985). Os valores do índice d1 variam de 0 (zero), para nenhuma concordância, a 1, para a concordância perfeita. O índice BIAS expressa o desvio médio dos valores estimados em relação aos valores observados, indicando assim a tendência do modelo em superestimar ou subestimar os valores estimados e, portanto, quanto mais próximo de zero essa estatística, menor é a magnitude do erro sistemático do modelo (Leite e Andrade, 2002). O coeficiente de correlação (r) indica o grau de dispersão e associação dos

dados simulados em relação aos dados observados e quanto mais próximos de um, mais correlacionados serão os dados simulados e observados.

Nas datas de semeadura 22/9/2012 e 3/11/2012, foram marcadas quatro plantas de cada cultivar, com exceção das cultivares TMG 7161 RR Inox e TEC 5936IPRO. Quinzenalmente foram realizadas avaliações, medindo-se o comprimento e a largura do folíolo central de todas as folhas da haste principal de cada planta. A área foliar foi calculada a partir das equações específicas e também pela equação geral. O índice de área foliar (IAF) verde foi calculado somando-se as áreas individuais de folhas e dividindo-se pela área de solo ocupada por uma planta, em mesma unidade de área. Para avaliar a precisão da equação geral em relação à equação cultivar específica foram confeccionadas figuras mostrando a evolução do índice de área foliar ao longo do ciclo de desenvolvimento das 11 cultivares, com a aplicação da equação geral e sua comparação com as equações específicas de cada cultivar.

Tabela 2. Estatísticas da capacidade preditiva das equações para estimativa da área da folha (AF) da soja a partir de dimensões lineares comprimento (C) e largura (L) do folíolo central com dados independentes

Cultivar	Estatísticas			
	RQME*	d1*	BIAS*	r*
Estatísticas utilizando as equações específicas				
BMX Turbo RR	15,98	0,9427	-0,0092	0,9898
BMX Energia RR	9,24	0,9498	0,0094	0,9958
NS 4823 RR	13,16	0,9034	-0,0445	0,9866
IAS 5	10,74	0,9468	-0,0311	0,9939
NA 5909 RG	6,48	0,9519	0,0258	0,9952
BMX Potência	6,67	0,9530	0,0234	0,9956
Igra RA 518 RR	10,40	0,9265	0,0419	0,9914
Fepagro 36 RR	12,76	0,9153	0,0380	0,9828
BRS 246 RR	7,25	0,9498	-0,0117	0,9937
Bragg	9,47	0,9455	0,0021	0,9941
CD 219 RR	16,38	0,9317	-0,0265	0,9869
TEC 5936IPRO	12,39	0,9327	0,0107	0,9925
TMG 7161 RR Inox	14,88	0,9083	-0,0486	0,9892
Estatísticas utilizando a equação geral [AF=2,0185.(C,L)]				
BMX Turbo RR	16,92	0,9394	-0,0259	0,9898
BMX Energia RR	9,51	0,9494	0,0003	0,9958
NS 4823 RR	12,56	0,9105	0,0529	0,9866
IAS 5	11,17	0,9438	-0,0356	0,9939
NA 5909 RG	7,42	0,9438	-0,0334	0,9952
BMX Potência	6,92	0,9519	0,0315	0,9956
Igra RA 518 RR	8,55	0,9362	-0,0044	0,9914
Fepagro 36 RR	12,87	0,9146	0,0398	0,9828
BRS 246 RR	7,80	0,9494	0,0225	0,9937
Bragg	9,62	0,9457	0,0262	0,9941
CD 219 RR	15,90	0,9345	-0,0099	0,9869
TEC 5936IPRO	12,29	0,9331	0,0279	0,9925
TMG 7161 RR Inox	13,56	0,9148	-0,0324	0,9892
Geral	11,58	0,9400	0,0031	0,9904

*RQME: Raiz do quadrado médio do erro; d1: Índice de concordância modificado; BIAS: Índice BIAS; r: Coeficiente de correlação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 2 e 3 estão plotados os dados da área de folhas individuais versus o produto comprimento × largura usados na calibração, às equações de estimativa da área dos trifólios individuais (AF, cm^2) e o coeficiente da determinação (r^2) das 13 cultivares de soja. Os coeficientes de determinação tiveram valor elevado ($r^2 \geq 0,95$) (Figuras 2 e 3), indicando que a estimativa da área foliar em soja pelo método de dimensões lineares é adequada para todas as cultivares de soja utilizadas no experimento.

O coeficiente angular da regressão linear simples, que representa o fator de correção para estimativa da área foliar,

variou de 1,8318 a 2,1420 nas 13 cultivares. A pequena variação dos coeficientes angulares para esse conjunto de cultivares indica um potencial para se utilizar uma equação geral para as 13 cultivares. A partir disso, ajustou-se a equação geral para todas as cultivares: $AF = 2,0185 \times CxL$ ($R^2 = 0,9747$).

Os gráficos 1:1 com o desempenho das equações cultivar específicas estão nas figuras 4 e 5 e as estatísticas de desempenho das equações cultivar específicas e da equação geral (uma única equação para todas as cultivares) estão na tabela 2. A análise visual da dispersão dos dados em torno da linha 1:1, nos painéis das figuras 5 e 6, indica ótima capacidade preditiva em uma ampla faixa de tamanho

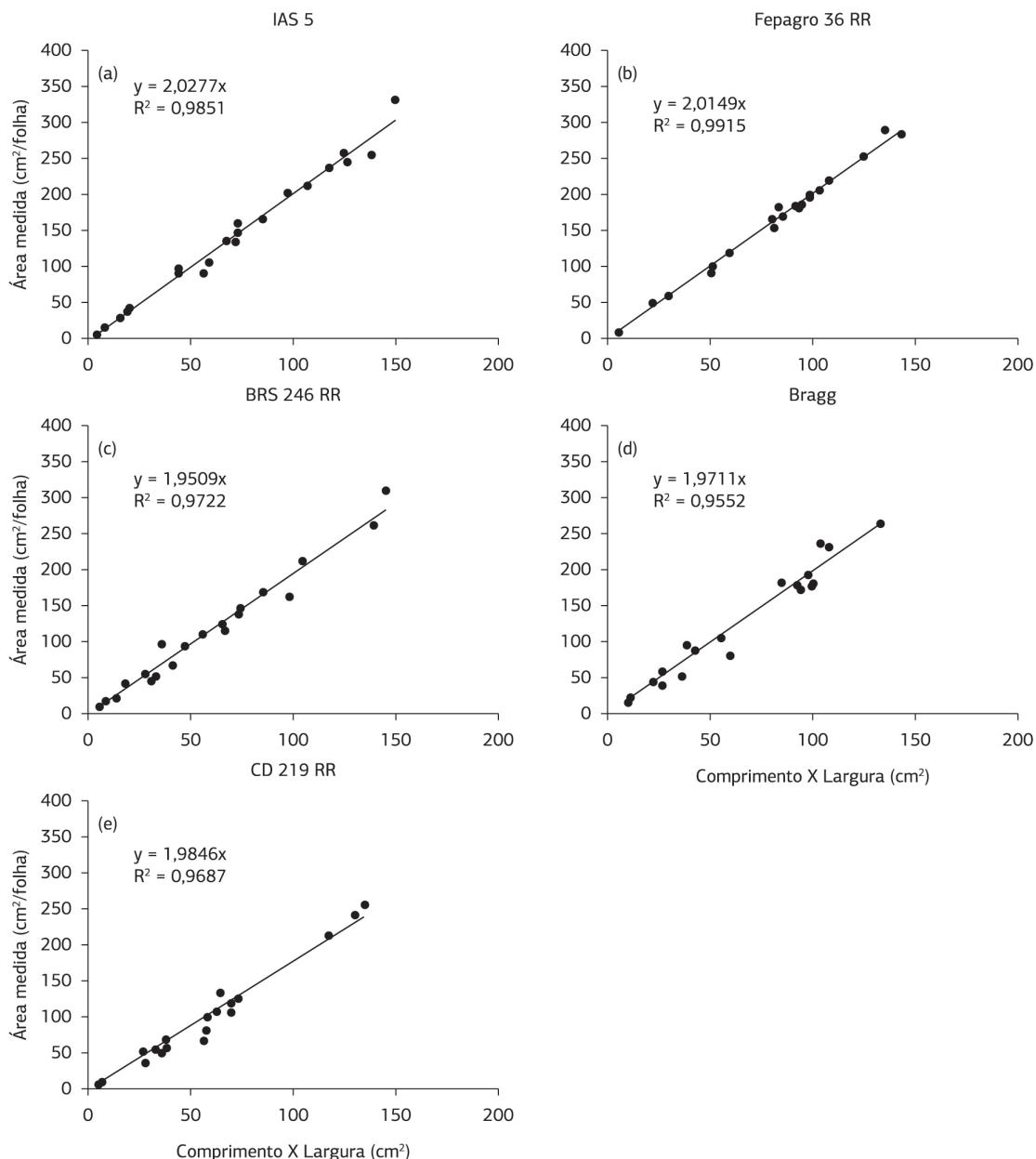


Figura 2. Área medida versus o produto das dimensões lineares (comprimento e largura máxima) do folíolo central de folhas individuais de cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, com as equações ajustadas para cada cultivar apresentadas em cada painel IAS 5 (a), Fepagro 36 RR (b), BRS 246 RR (c), Bragg (d) e CD 219 RR (e).

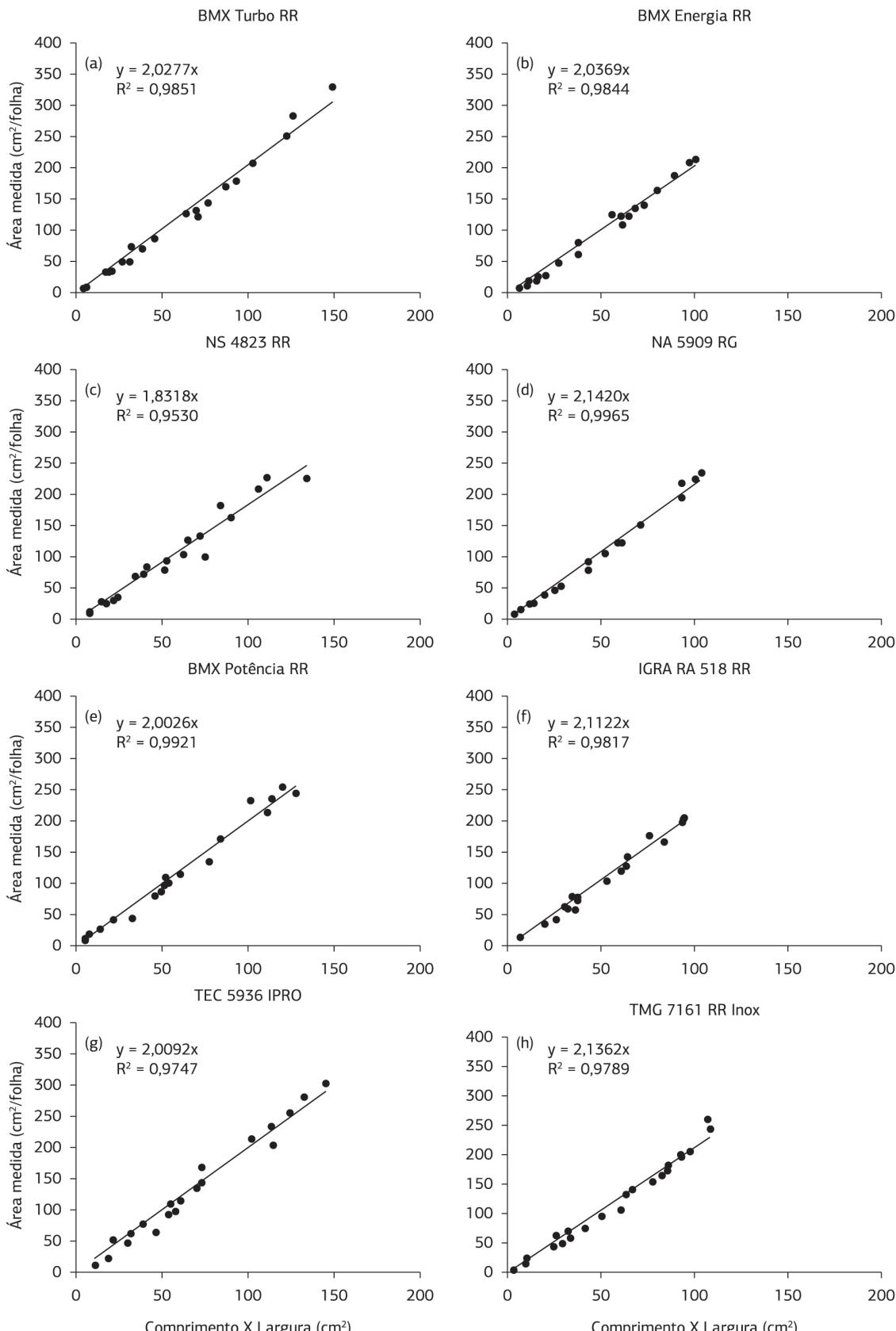


Figura 3. Área medida versus o produto das dimensões lineares (comprimento e largura máxima) do folíolo central de folhas individuais de cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado, com as equações ajustadas para cada cultivar apresentadas em cada painel BMX Turbo RR (a), BMX Energia RR (b), NS 4823 RR (c), NA 5909 RR (d), BMX Potência RR (e), IGRA RA 518 RR (f), TEC 5936 IPRO (g) and TMG 7161 RR Inox (h).

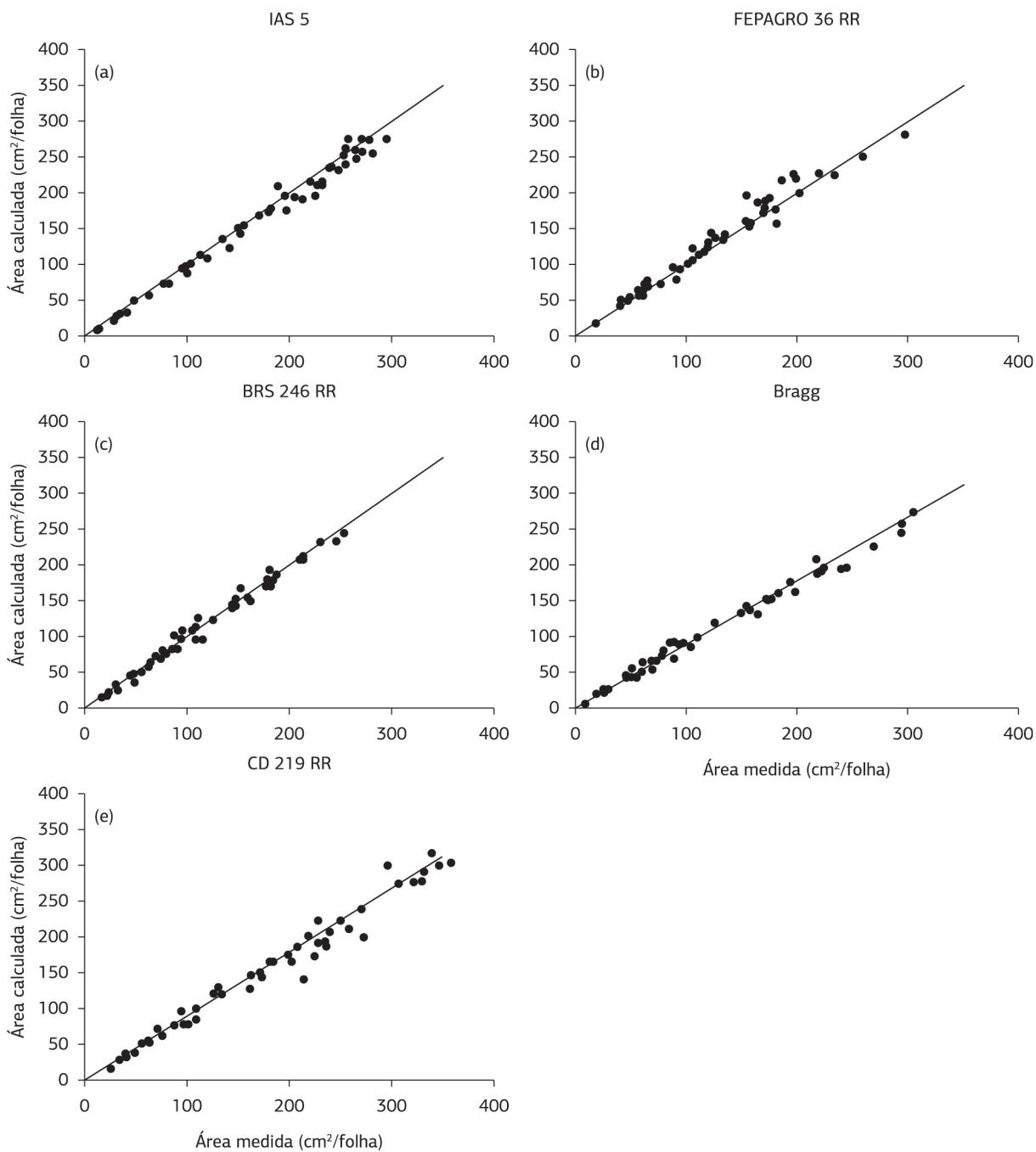


Figura 4. Área medida versus área calculada a partir das dimensões lineares (comprimento e largura) do folíolo central de folhas individuais de cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, com dados independentes; a linha em cada painel IAS 5 (a), Fepagro 36 RR (b), BRS 246 RR (c), Bragg (d) e CD 219 RR (e) é a linha 1:1.

de folhas. Os valores de RQME com a equação de cada cultivar variaram de 6,48 a 16,92, e são menores do que os encontrados em trabalhos com feijão-vagem, que variaram de 12,56 a 39,94 (Toebe et al., 2012) e próximos aos valores da cultura da soja, de 7,33 a 9,22 (Bakhshandeh et al., 2011). Esses resultados indicam elevada capacidade preditiva das equações específicas de cada cultivar e da equação geral. As outras estatísticas (d1, BIAS e r) confirmam a elevada capacidade preditiva das equações individuais (Tabela 2).

Comparando-se as estatísticas (RQME, d1, BIAS e r) de desempenho das equações cultivar específicas com as mesmas estatísticas da equação geral, o erro de estimativa é similar (Tabela 2). Destaca-se que, para as cultivares Igra RA 518 RR, CD 219 RR e TMG 7161 RR Inox, as quatro estatísticas indicam melhor desempenho utilizando a equação geral. O melhor desempenho da equação geral também foi verificado nas cultivares NS 4823 RR e TEC5936IPRO nas estatísticas RQME e d1. Esses

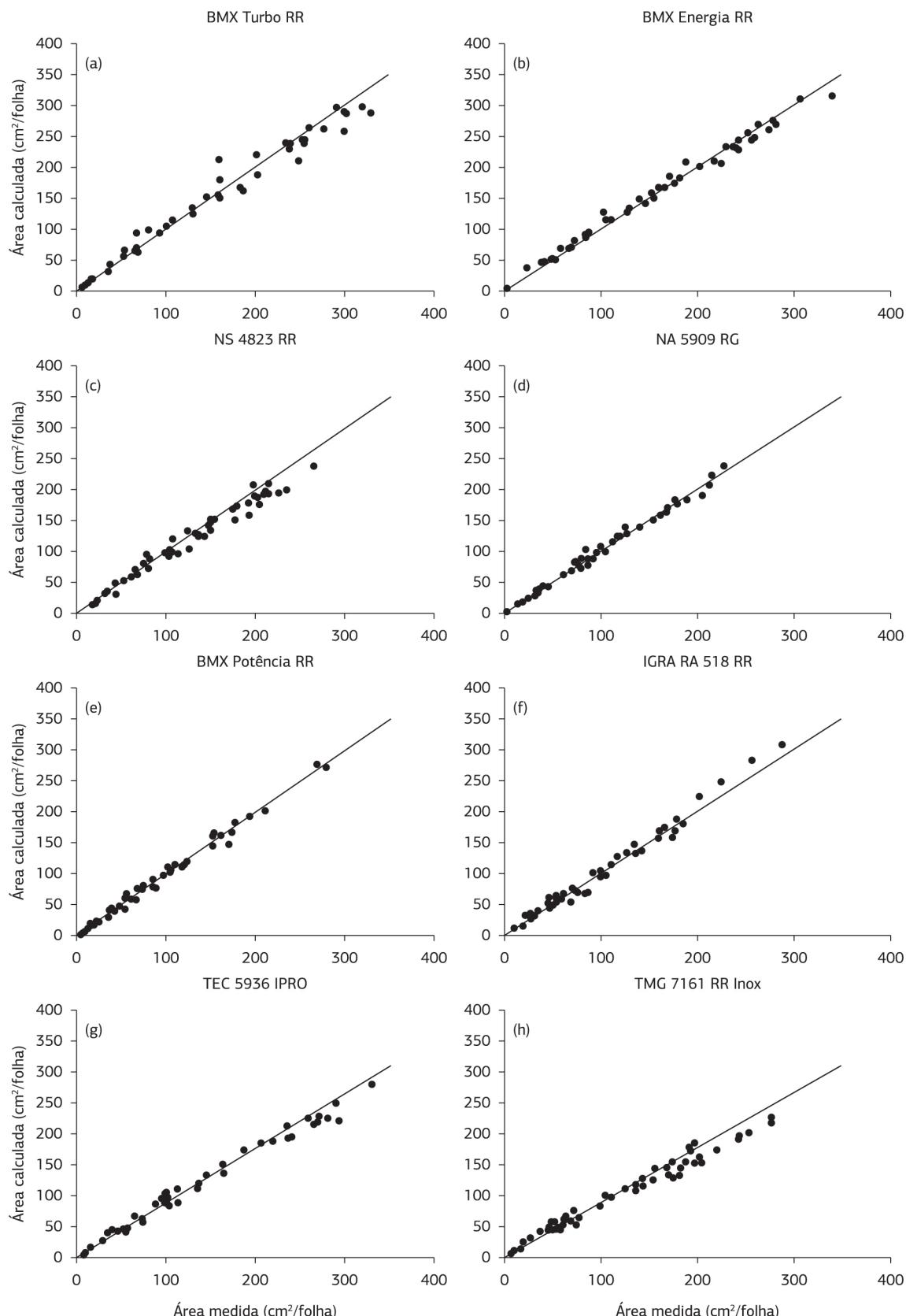


Figura 5. Área medida versus área calculada a partir das dimensões lineares (comprimento e largura) do folíolo central de folhas individuais de cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado, com dados independentes; a linha em cada painel BMX Turbo RR (a), BMX Energia RR (b), NS 4823 RR (c), NA 5909 RR (d), BMX Potência RR (e), IGRA RA 518 RR (f), TEC 5936 IPRO (g) and TMG 7161 RR Inox (h) é a linha 1:1.

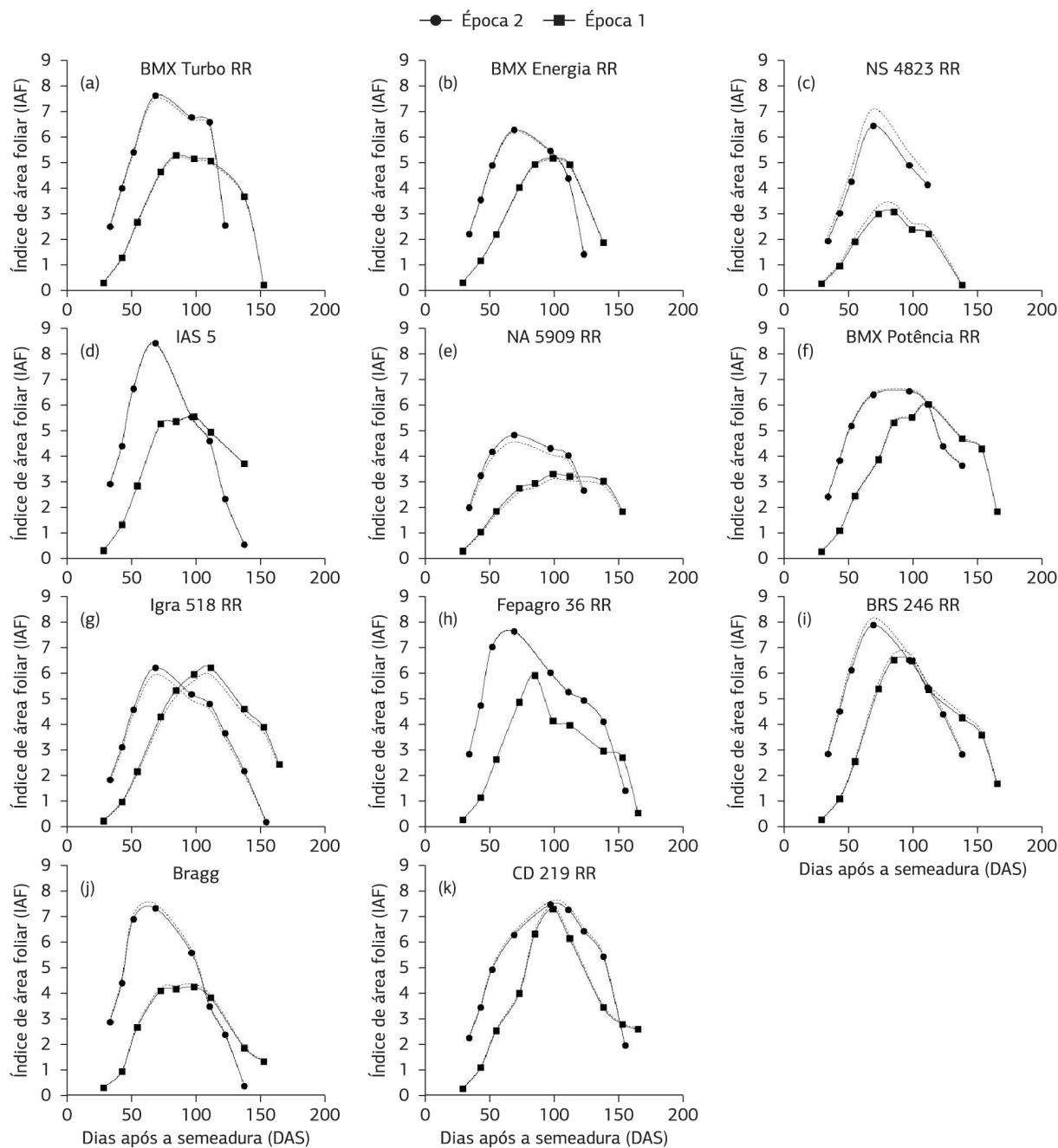


Figura 6. Evolução do índice de área foliar versus dias após a semeadura para 11 cultivares de soja em duas datas de semeadura, 22/9/2012 (Época 1) e 3/11/2012 (Época 2), utilizando a equação cultivar específica (linha continua) de cada cultivar e a equação geral (linha pontilhada). No painel BMX Turbo RR (a), BMX Energia RR (b), NS 4823 RR (c), IAS 5 (d), NA 5909 RR (e), BMX Potência RR (f), IGRA RA 518 RR (g), Fepagro 36 RR (h), BRS 246 RR (i), Bragg (j) e CD 219 RR (k).

resultados indicam que se pode utilizar uma equação geral para mais de uma cultivar de soja, apesar do formato variável de folhas entre as cultivares (Figura 1). Isto é importante, pois a cada ano são lançadas novas cultivares, mas como o formato das folhas dessas cultivares provavelmente será similar ao formato das folhas das cultivares utilizadas neste estudo, não será necessário estimar o coeficiente da equação geral com tanta frequência, concordando com os resultados encontrados por Bakhshandeh et al. (2011) e Wiersma e

Bailey (1975), para a cultura da soja, e por Aquino et al. (2011), para a cultura do girassol.

Usando-se a equação geral em comparação com as equações cultivar específicas (Figura 6), a diferença na estimativa da evolução do índice de área foliar é pequena, sendo que variou de acordo com a cultivar. As maiores diferenças foram nos valores de IAF máximo, sendo maiores na cultivar NA 5909 RR (4,86 com a equação específica e 4,58 com a equação geral, figura 6e)

e na cultivar NS 4823 RR (6,45 utilizando a equação específica e 7,11 com a equação geral, figura 6c). Destaca-se que nas cultivares BMX Turbo RR, BMX Energia RR, IAS 5, BMX Potência RR, Fepagro 36 RR, Bragg e CD 219 RR, a variação entre o IAF utilizando as equações cultivar específicas comparada com a equação geral foi praticamente nula e não visível nos gráficos (Figuras 6a,b,d,f,h,j,l).

O uso de dimensões lineares para estimativa da área de folhas individuais tem o inconveniente de necessitar de mão de obra para realizar as medidas. No caso da soja, as folhas, com exceção da primeira folha (que é uma folha simples ou unifoliolada), são trifolioladas. Assim, a necessidade de medir os três folíolos aumenta em três vezes o tempo para medir uma folha, comparada com espécies de folhas simples, como por exemplo o milho. No entanto, os resultados deste trabalho indicam, como outros realizados para cultura da soja (Bakhshandeh et al., 2011; Wiersma e Bailey, 1975), que a medida das dimensões lineares de apenas um folíolo (o central) é suficiente para ter-se boa estimativa da área dos três folíolos.

4. CONCLUSÃO

O método não destrutivo, através das dimensões lineares do folíolo central, é apropriado para a estimativa da área de folhas individuais em soja. A equação geral $AF = 2,0185 \cdot (C.L)$ pode ser utilizada para várias cultivares modernas de soja que são atualmente usadas no Rio Grande do Sul, sem perda de precisão.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F.A.; FLUMIGNAN, D.L.; FARIA, R.T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. *Bragantia*, v.67, p.1053-1058, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030>
- AQUINO, L.A.; JÚNIOR V.C.S.; GUERRA, J.V.S.; COSTA M.M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. *Bragantia*, v.70, p.832-836, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000400015>
- BAKHSHANDEH, E.; KAMKAR, B.; TSIALTAS, J.T. Application of linear models for estimation of leaf area in soybean [*Glycine max* (L.) Merr]. *Photosynthetica*, v.49, p. 405-416, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s11099-011-0048-5>
- FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; KRUSE, N.D. Estimativa da área foliar de *Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze utilizando dimensões lineares. *Revista Ceres*, v.56 p.266-273, 2009.
- FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, C. Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro. Viçosa: UFV, 2007. 148p.
- GUEDES, J.V.C.; STECCA, C.S.; RODRIGUES, R.B.; BIGOLIN, M. Nova dinâmica. *Cultivar Grandes Culturas*, v.12, p.24-26, 2010.
- JANSSEN, P.H.M.; HEUBERGER, P.S.C. Calibration of process-oriented models. *Ecological Modelling*, v.83, p.55-56, 1995.
- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, v.2, p.171-182, 2001.
- LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. *Revista Árvore*, v.26, p.321-328, 2002.
- MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v.39, p.1356-1361, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000500008>
- MARSHALL, J.K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. *Photosynthetica*, v.2, p.41-47, 1968.
- MEOTTI, G.V.; BENIN, G.; SILVA, R.R.; BECHE, E.; MUNARO, L.B. Épocas de semeadura e desempenho agronômico de cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.14-21, 2012.
- RUBIN, S.A.L; SANTOS, O.S. Progresso do melhoramento genético da soja no estado do Rio Grande do Sul: i. Rendimento de grãos. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.2, p.139-147, 1996.
- SETIYONO, T.D.; WEISS, A.; SPECHT, J.K.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions. *Field Crops Research*, v.108, p.82-92, 2008.
- STRECK, N.A.; PAULA, G.M.; CAMERA, C.; MENEZES, N.L.; LAGO, I. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. *Bragantia*, v.67, p.67-73, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000100008>
- TIAN, Z.; WANG, X.; LEE, R.; LI Y.; SPECHT, J.E.; NELSON, R.L.; MCCLEAN, P.E.; QIU, L.; MA, J. Artificial selection for determinate growth habit in soybean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.107, p.8563-8568, 2010.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOOSE, L.H.; HELDWEIN, A.B.; ZANON, A.Z. Área foliar de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de dimensões foliares. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, p.2491-2500, 2012. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6Supl1p2491>
- VERNETTI, F.J.; VERNETTI JUNIOR, F.J. Genética da soja: caracteres qualitativos e diversidade genética. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 221p.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.M.; KLICK, D.R. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, v.90, p.8995-9005, 1985. <http://dx.doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>
- WIERNSMA, J.V.; BAILEY, T.B. Estimation of leaflet, trifoliate and total leaf area of soybean. *Agronomy Journal*, v.67, p.26-30, 1975.