

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES
DE PEPINEIRO EM SOLO DE VÁRZEA DO RIO
GRANDE DO SUL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ana Carla Castanha

**Itaqui, RS, Brasil
2016**

Ana Carla Castanha

**ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES DE PEPINEIRO EM
SOLO DE VÁRZEA DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Marcos Toebe

Itaqui, RS, Brasil
2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

CAN532e Castanha, Ana Carla

ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES DE PEPINEIRO
EM SOLO DE VÁRZEA DO RIO GRANDE DO SUL / Ana Carla
Castanha.

31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) - Universidade Federal
do Pampa, AGRONOMIA, 2016.

"Orientação: Marcos Toebe".

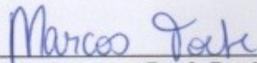
1. Cucumis sativus L.. 2. Método não-destrutivo. 3. Processamento
de imagens. 4. Olerícolas. I. Título.

Ana Carla Castanha

**ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES DE
PEPINEIRO EM SOLO DE VÁRZEA DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

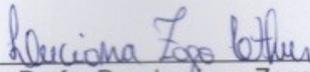
Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 4 de julho de 2016.
Banca examinadora:



Prof. Dr. Marcos Toebe
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Profa. Dra. Luciana Zago Ethur
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Trabalho a minha amada
minha base, Angelo, Iria e
Douglas, maiores incentivadores e fontes
inesgotáveis de admiração, apoio, amor e
compreensão.

Dedico este trabalho a minha amada família, minha base, Angelo, Iria e Douglas, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de admiração, apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, que me guiaste e nunca permitiu que fraquejasse mediante todas as dificuldades enfrentadas na graduação, combinadas com a distância da família.

Aos meus pais e irmão, que sempre foram meu motivo de força e persistência. Tudo que sou hoje devo a vocês, quero um dia poder retribuir tanto amor e ser para meus futuros filhos pelo menos metade do são para mim.

Em memória dedico também aos meus avós, pessoas maravilhosas que hoje são anjos e me guiam. A toda família Castanha e lanke.

Aos colegas e amigos que são a família que construí nesse Itaqui, por todos os momentos juntos e pelo nosso crescimento.

Ao Prof. Dr. Marcos Toebe pela orientação e pelo apoio, como amigo ou orientador para que eu realizasse o presente trabalho.

A todos os professores que já tive na vida, minha gratidão pelo conhecimento que me foi compartilhado, seres iluminados.

A amiga, colega e companheira Juliana Oliveira, por todo apoio e auxílio que me deste, este trabalho também é teu.

As amigas Mariana Polano Posada, Elisandra Wollmeister e Jéssica Abreu, pela amizade, companheirismo, apoio e por dividirem suas famílias comigo.

Aos meus amigos Francisco Goulart e Marcelo Gomes de Gomes, pela sinceridade, todas as risadas e pelo apoio incondicional.

A família Carazzo, por todo amor, carinho e aprendizagem.

A UNIPAMPA e a cidade de Itaqui pela oportunidade de uma graduação e a esperança de um futuro melhor.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa, vocês foram essenciais.

“Pra quem tem fé a vida nunca tem fim!”

RESUMO

ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES DE PEPINEIRO EM SOLO DE VÁRZEA DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Ana Carla Castanha

Orientador: Marcos Toebe

Itaqui, 04 de julho de 2016.

O pepino é uma olerícola originária da Índia, que apresenta hábito herbáceo e anual, possui frutos distintos em tamanhos, formas e sabor, e não adapta-se a baixas temperaturas. Considera-se o índice de área foliar um parâmetro indicativo de produtividade, frequentemente utilizada em estudos para avaliação de crescimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi estimar a área foliar de *Cucumis sativus* L. em função de dimensões lineares das folhas. Foi conduzido um experimento com pepino de duas diferentes cultivares (Branco Meio-Comprido e a Conserva Wisconsin SMR 18) na safra 2015/16. Aos 60 dias após o transplante, foram coletadas, aleatoriamente, 600 folhas. Em cada folha, foram mensuradas as dimensões lineares (comprimento, largura e produto comprimento \times largura) e determinada a área foliar real por meio do software Digimizer®. Para a cultivar Branco Meio-Comprido, o modelo quadrático $AF = 0,0006CL^2 + 0,6714CL$ ($R^2 = 0,9854$), em função do produto de comprimento vezes largura é adequado para a estimativa da área foliar. A cultivar Conserva Wisconsin SMR 18, teve como melhor adequação o modelo quadrático $AF = 0,0003CL^2 + 0,7013CL$ ($R^2 = 0,9765$), também em função do comprimento vezes largura. De forma geral, o modelo quadrático $AF = 0,0005CL^2 + 0,6805CL$ ($R^2 = 0,9818$) pode ser utilizado com elevada precisão na estimativa da área foliar total das duas cultivares de *Cucumis sativus* L.

Palavras-chave: *Cucumis sativus* L., métodos não-destrutivos, processamento de imagens, olerícolas.

ABSTRACT

LEAF AREA ESTIMATION OF CUCUMBER CULTIVARS IN LOWLAND SOILS IN RIO GRANDE DO SUL

Author: Ana Carla Castanha

Advisor: Marcos Toebe

Data: Itaquí, July 04, 2016.

Cucumber is a vegetable crop native from Índia, which presents herbaceous and annual habit. The fruit has distinct sizes, shapes and flavor. This plant is not adapted to low temperatures. The leaf area index is considered a parameter indicative of yield, frequently used in studies to evaluate plant growth. The objective of this study was estimating the leaf area of *Cucumis sativus* L. in function of the linear dimensions of the leaves. An experiment with two different cucumber cultivars (Branco Meio-Comprido and Conserva Wisconsin SMR 18) was conducted in the 2015/16 crop year. At 60 days after transplantation, 600 leaves were randomly collected. On each leaf, the linear dimensions were measured (length, width and length × width product) and the true leaf area determined through Digimizer® software. To the Branco Meio-Comprido cultivar, the quadratic model $AF = 0.0006CL^2 + 0.6714CL$ ($R^2 = 0.9854$), in function of the length times width product is suitable for the leaf area estimation. The Conserva Wisconsin SMR 18 cultivar had a better matching with the quadratic model $AF = 0.0003CL^2 + 0.7013CL$ ($R^2 = 0.9765$), which also depends on the length times width. In general, the quadratic model $AF = 0,0005CL^2 + 0,6805CL$ ($R^2 = 0.9818$) can be used with high precision to estimate the total leaf area of both *Cucumis sativus* L. cultivars.

Keywords: *Cucumis sativus* L., non-destructive methods, image processing, oleraceous.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Medidas lineares (comprimento e largura) de uma folha de pepineiro da cultivar Branco Meio-Comprido.....	18
Figura 2. Medidas lineares (comprimento e largura) de uma folha de pepineiro da cultivar Conserva Wisconsi SMR 18.....	18
Figura 3: Matriz com histograma de frequência (na diagonal) e gráficos de dispersão entre comprimento, largura, produto comprimento \times largura e área foliar real de 300 folhas de pepineiro das cultivares: A) Branco Meio-Comprido, e; B) Conserva Wisconsin SMR18.	23
Figura 4. Modelos - linear, quadrático e potência - de estimação de área foliar real (AF) de pepineiro Branco Meio-Comprido em função de: A) C = comprimento, em cm; B) L = largura, em cm; C) CL = produto comprimento \times largura, em cm ² , gerados com base em n = 300 folhas.....	24
Figura 5. Modelos - linear, quadrático e potência - de estimação de área foliar real (AF) de pepineiro Conserva Wisconsin SMR18 em função de: A) C = comprimento, em cm; B) L = largura, em cm; C) CL = produto comprimento \times largura, em cm ² , gerados com base em n = 300 folhas.....	26
Figura 6. Modelos - linear, quadrático e potência - de estimação de área foliar real (AF) de pepineiro de duas cultivares (Branco Meio-Comprido e Conserva Wisconsin SMR18) em função de: A) C = comprimento, em cm; B) L = largura, em cm; C) CL = produto comprimento \times largura, em cm ² , gerados com base em n = 600 folhas.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatísticas para as variáveis: comprimento, largura, produto comprimento × largura e área foliar real, em 300 folhas de pepineiro das cultivares Branco Meio-Comprido e Conserva Wisconsin SMR 18 e 600 folhas no geral, utilizadas para geração de modelos de estimação da área foliar.....	21
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AF – área foliar

C – comprimento máximo da folha

L – largura máxima da folha

CL – produto do comprimento vezes a largura

CV- coeficiente de variação

R²- coeficiente de determinação

n- número de folhas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4 CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

O pepino (*Cucumis sativus* L.) é uma hortalica pertencente à família *Cucurbitaceae* e originário da Índia (SERON et al., 2015). A cultura apresenta hábito herbáceo e anual, com fruto que apresenta diferentes tamanhos, formas e sabor (SEDIYAMA et al., 2014). O pepineiro é preferencialmente cultivado em locais com temperaturas elevadas, pois é sensível a baixas temperaturas e não tolera geadas (FILGUEIRA, 2003). VALENZUELA et al. (1994), ROBINSON & DECKER-WALTERS (1999) destacam que a espécie não é adaptada ao cultivo sob baixas temperaturas, sendo o desenvolvimento da planta favorecido por temperaturas de 18 a 20°C à noite e 25 e 28°C durante o dia. As cultivares de pepineiro são divididas em quatro grandes grupos: Caipira, Aodai, Japonês e Agroindustrial, e o fruto pode vir a ser consumido em conserva ou *in natura* (FILGUEIRA, 2003).

A estimativa da área foliar é utilizada na avaliação do crescimento das plantas, sendo frequentemente aplicada em estudos agrônômicos e fisiológicos (ZUCOLOTO et al., 2008). De acordo com BLANCO & FOLEGATTI (2005), a área foliar é uma variável importante em estudos fisiológicos que envolvam o crescimento das plantas, interceptação de luz, eficiência fotossintética, evapotranspiração e resposta a fertilizantes e irrigação. Salienta-se também que o índice de área foliar é considerado um parâmetro indicativo de produtividade, uma vez que o processo fotossintético está sujeito à interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002).

A determinação de área foliar pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos. Nos métodos diretos, em geral, as folhas são coletadas e a área foliar determinada com uso de medidor eletrônico (destrutivo e restrito ao uso de equipamentos) ou por discos foliares (destrutivo e de menor precisão), o que se torna um fator limitante em estudos que tenham uma baixa população de plantas (BLANCO & FOLEGATTI, 2005). Após o destaque das folhas da planta mãe, as mesmas diminuem a produção de fotoassimilados, o que vem a prejudicar o desenvolvimento das plantas (ALVIM et al., 2010). Os métodos indiretos são baseados na relação existente entre a variável medida (comprimento, largura ou produto entre o comprimento × largura) e a área foliar, possibilitando medidas sucessivas, sem necessidade de remoção das estruturas, preservando a sua integridade (ADAMI et al., 2008).

Nos métodos indiretos, geram-se modelos matemáticos, utilizados como uma ferramenta, que podem ser validados e aplicados em medições de campo em diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento, além de apresentarem baixo custo e alta precisão (TOEBE et al., 2010). Os modelos são gerados através das dimensões lineares das folhas, correlacionando-se o comprimento, ou a largura e/ou comprimento \times largura com a área foliar real (BLANCO & FOLEGATTI, 2005). Também podem ser empregados recursos computacionais que permitam a avaliação de folhas íntegras e danificadas (VIEIRA JÚNIOR et al., 2006), já que a análise de imagens digitais tem sido apontada como uma ferramenta eficiente em substituição ao método padrão LI-COR® (ADAMI et al., 2008).

Alguns trabalhos com área foliar em pepineiro já foram desenvolvidos por pesquisadores, em diferentes situações, tais como: ambiente protegido (GALVANI et al., 2000), pepino enxertado sob irrigação de diferentes lâminas com concentrações salinas (BLANCO & FOLEGATTI, 2005) e mediante a verificação da redução da área foliar sobre o rendimento de produção (NOMURA et al., 2000). Porém, nenhum deles refere-se à modelagem em condições de solos de várzea, como os encontrados na fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul e segundo BLANCO & FOLEGATTI (2005), condições adversas de cultivo podem alterar a geometria da folha de plantas da família das cucurbitáceas.

O objetivo do trabalho foi gerar modelos para estimação da área foliar de cultivares de pepino (*Cucumis sativus* L.) em função do comprimento, ou da largura e/ou do produto comprimento \times largura do limbo foliar, em condições de solo de várzea na fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento com duas cultivares de pepino na área experimental da Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui, com latitude de 29° 09' S, longitude de 56° 33' W e altitude de 74 m. O clima da região é do tipo subtropical úmido (Cfa), conforme classificação de Köppen. O solo é classificado como Plintossolo (EMBRAPA, 2013).

Na área experimental, foram preparados três canteiros de 40 m de comprimento, 1,20 m de largura e 0,30 m de altura. Três meses antes ao transplante foi realizada a calagem, para elevação do pH=6,0 e posterior incorporação de fertilizantes. A adubação foi realizada segundo análise de solo e recomendações para pepino de conserva (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004), com 60 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 180 kg ha⁻¹ de K₂O na base e 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura 30 dias após o transplante.

As cultivares utilizadas no experimento foram a Branco Meio-Comprido e a Conserva Wisconsin SMR 18. Ambas foram semeadas no dia 14/03/2016 em bandejas de poliestileno expandido com 72 células, utilizando substrato comercial MecPlant® e mantidas em ambiente protegido com irrigações periódicas, sendo que a emergência das plantas ocorreu no dia 17/03/2016. No total foram produzidas 288 mudas, nas quais foram selecionadas 240 (120 plantas por cultivar) para a realização do transplante. O transplante das mudas para os três canteiros realizou-se no dia 28/03/2016, 14 dias após a semeadura, quando as mudas apresentavam três folhas expandidas. Cada canteiro de 40 m foi dividido em dois blocos de 20 m, sendo o bloco subdividido em duas parcelas de 10 m (uma para cada cultivar). As mudas foram espaçadas entre linha a 0,50 m, e 1,00 m na linha, totalizando 20 plantas por tratamento, e 40 plantas por bloco, constituindo um experimento de blocos ao acaso com seis repetições. Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário.

Para a determinação da área foliar, foram coletadas aleatoriamente, 50 folhas de diferentes tamanhos e estádios fenológicos de cada cultivar, em cada bloco, totalizando 300 folhas por cultivar e 600 folhas no total, quando as plantas apresentavam crescimento vegetativo pleno (aproximadamente 60 dias após o transplante). Em cada folha, foram mensurados o comprimento (C) e a largura (L) máximos com régua milimetrada (Figura 1).



Figura 1. Medidas lineares (comprimento e largura) de uma folha de pepineiro da cultivar Branco Meio-Comprido

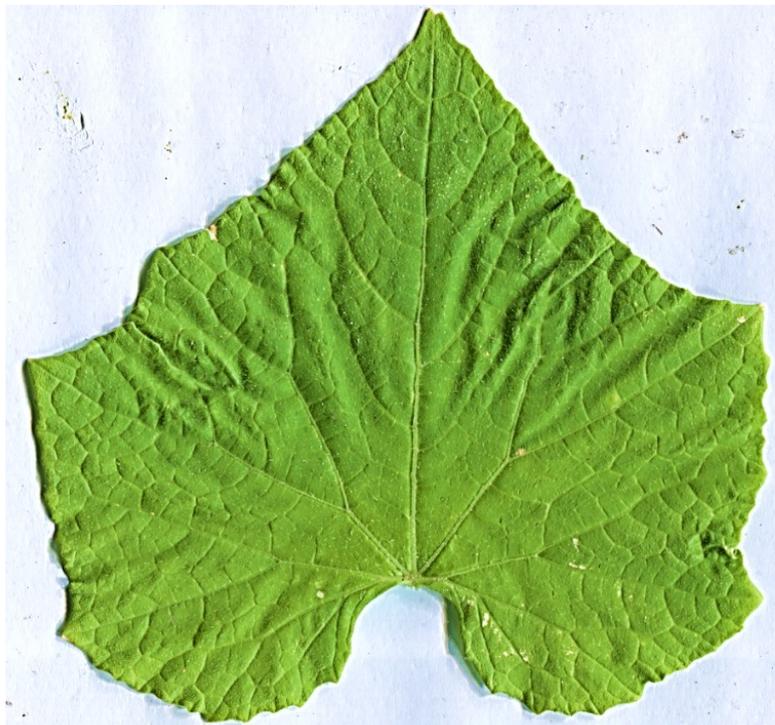


Figura 2. Medidas lineares (comprimento e largura) de uma folha de pepineiro da cultivar Conserva Wisconsi SMR 18.

Em seguida, foi calculado o produto comprimento \times largura (CL). Posteriormente, determinou-se então a área foliar real (AF) de cada uma das folhas, por meio de imagens digitais. Para isso, as folhas foram colocadas em sequência no scanner da marca EPSON, modelo Perfection V33/V330 e, digitalizadas com resolução de 200dpi. Após essas imagens digitais foram processadas com o Software Digimizer v.4.5.2® (Medcalc Software, 2015) para a quantificação da área foliar real.

Para os dados de comprimento, largura, produto comprimento \times largura e área foliar de cada cultivar, foram calculadas medidas de tendência central, de dispersão e de distribuição, verificada a normalidade por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e construídos histogramas de frequências e gráficos de dispersão. A seguir, foi realizada a modelagem da área foliar real (AF) de cada cultivar e no geral (dados das duas cultivares), determinada por processamento de imagem, em função do C ou L e/ou CL por meio dos modelos: linear ($AF = a + bx$), quadrático ($AF = a + bx + cx^2$) e potência ($AF = ax^b$), sendo que nesses modelos, x representa a dimensão linear da folha (C, L ou CL). Nos modelos lineares e quadráticos, o intercepto foi igual a zero (coeficiente linear $a = 0$), considerando que quando uma dimensão linear (C, L ou CL) for zero, a área foliar estimada também será zero, conforme indicado por SCHAWB et al. (2014). Para a escolha do melhor modelo, foi considerado apenas o maior coeficiente de determinação do modelo. A validação dos modelos não foi realizada no presente estudo. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® e do software Statistica 12.0® (Statsoft, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de dias pós-transplante foi de elevados índices pluviométricos e baixa luminosidade, sob condições de *El niño*, o que prejudicou o desenvolvimento inicial. Os valores de média e mediana foram similares entre si para todas as variáveis mensuradas (comprimento, largura, produto comprimento × largura e área foliar), o que indica o bom ajuste dos dados a distribuição normal para a geração de modelos. Observaram-se apenas pequenos desvios em assimetria ($0,11 \leq \text{assimetria} \leq 0,78$) e curtose ($-0,69 \leq \text{curtose} \leq 0,19$), sendo que em todos os casos, foi verificada normalidade dos dados ($p > 0,10$) pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

De acordo com a tabela 1, os dados observados apresentaram elevada amplitude, como no comprimento ($4,30 \text{ cm} \leq C \leq 13,50 \text{ cm}$), na largura ($5,00 \text{ cm} \leq L \leq 17,30 \text{ cm}$), no produto do comprimento x largura ($23,65 \text{ cm}^2 \leq C \times L \leq 228,76 \text{ cm}^2$) e na área foliar real ($13,52 \text{ cm}^2 \leq AF \leq 188,21 \text{ cm}^2$). Esta variabilidade dos dados avaliados pode ser justificada pela coleta de folhas em diferentes estágios de crescimento. Segundo CARGNELUTTI FILHO et al. (2015), a variabilidade contribui desta forma para a geração de um modelo representativo e aplicável a folhas de distintos tamanhos.

No coeficiente de variação (CV), verificaram-se maiores escores para a área foliar real ($42,84 \% \leq CV \leq 49,17 \%$) e o produto de comprimento x largura ($40,46\% \leq CV \leq 44,73\%$), em relação ao observado para comprimento ($21,17\% \leq CV \leq 23,09\%$) e largura ($20,29\% \leq CV \leq 23,23\%$). Resultados similares a estes também foram encontrados em canola (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015), feijão-vagem (TOEBE, et al., 2012) e nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012), onde verificou-se maior variabilidade dos dados de área foliar real e CL, em relação as dimensões lineares comprimento e largura.

Tabela 1. Estatísticas para as variáveis: comprimento, largura, produto comprimento × largura e área foliar real, em 300 folhas de pepineiro das cultivares Branco Meio-Comprido e Conserva Wisconsin SMR 18 e 600 folhas no geral, utilizadas para geração de modelos de estimação da área foliar.

Estatística	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Comprimento × Largura (cm ²)	Área Foliar Real (cm ²)
Cultivar Branco Meio-Comprido (n = 300 folhas)				
Mínimo	4,40	5,00	24,00	13,52
Máximo	13,50	17,30	228,76	188,21
Média	8,93	11,07	103,95	77,02
Mediana	8,80	10,90	95,80	69,97
Variância	4,25	6,61	2161,63	1434,14
Desvio padrão	2,06	2,57	46,49	37,87
Coeficiente de Variação	23,09	23,23	44,73	49,17
Erro padrão	0,12	0,15	2,68	2,19
Assimetria	0,15	0,11	0,58	0,68
Curtose	-0,69	-0,54	-0,34	-0,19
P-valor de K-S ⁽¹⁾	0,28	0,49	0,05	0,02
Cultivar Conserva Wisconsin SMR 18 (n = 300 folhas)				
Mínimo	4,30	5,30	23,65	17,13
Máximo	13,40	16,70	223,78	159,03
Média	8,50	10,54	93,25	68,03
Mediana	8,30	10,50	86,86	65,07
Variância	3,24	4,58	1423,44	849,58
Desvio padrão	1,80	2,14	37,73	29,15
Coeficiente de Variação	21,17	20,29	40,46	42,84
Erro padrão	0,10	0,12	2,18	1,68
Assimetria	0,18	0,23	0,69	0,70
Curtose	-0,40	-0,25	0,19	0,08
P-valor de K-S ⁽¹⁾	0,25	0,35	0,07	0,05
Dados gerais das duas cultivares (n = 600 folhas)				
Mínimo	4,30	5,00	23,65	13,52
Máximo	13,50	17,30	228,76	188,21
Média	8,71	10,81	98,60	72,53
Mediana	8,60	10,65	91,51	66,39
Variância	3,79	5,65	1818,20	1160,18
Desvio padrão	1,95	2,38	42,64	34,06
Coeficiente de Variação	22,33	22,00	43,25	46,96
Erro padrão	0,08	0,10	1,74	1,39
Assimetria	0,21	0,22	0,69	0,78
Curtose	-0,52	-0,37	0,00	0,19
P-valor de K-S ⁽¹⁾	0,12	0,05	0,00	0,00

⁽¹⁾ P-valor do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

A elevada variabilidade de tamanho e número de folhas utilizadas na geração dos modelos garante amplo espectro para utilização na cultura. Os diagramas de dispersão gerados a partir das variáveis independentes (C, L e CL) e área foliar real, apresentam associações lineares e não lineares (Figura 2). Ambas as cultivares (Branco Meio-Comprido e Conserva Wisconsin SMR 18) apresentaram associação linear entre área foliar real e o CL, e as demais associações apresentam comportamentos não lineares. Portanto, foram gerados modelos do tipo linear, quadrático e potência para a estimação da área foliar real em função de cada dimensão linear.

Na Figura 3, considerando a cultivar Branco Meio-Comprido, o modelo que apresentou melhor ajuste na predição da área foliar real em função do comprimento da folha foi o tipo quadrático ($R^2 = 0,9630$). Observou-se também para as variáveis largura e produto de CL a maior adequação para a predição da área foliar real do modelo do tipo quadrático, sendo ($R^2 = 0,9751$) e ($R^2 = 0,9854$), respectivamente. Também poderá ser utilizado o modelo do tipo linear ($R^2 = 0,9792$) quando refere-se ao produto de CL, devido sua simplicidade de uso.

Resultados semelhantes foram encontrados em estudo sobre estimação de área foliar em pepino por BLANCO & FOLEGATTI (2005), onde o modelo do tipo quadrático foi mais adequado tratando-se das dimensões lineares largura e o produto de comprimento \times largura, apresentando maiores valores de R^2 e maior precisão na estimativa da área foliar total.

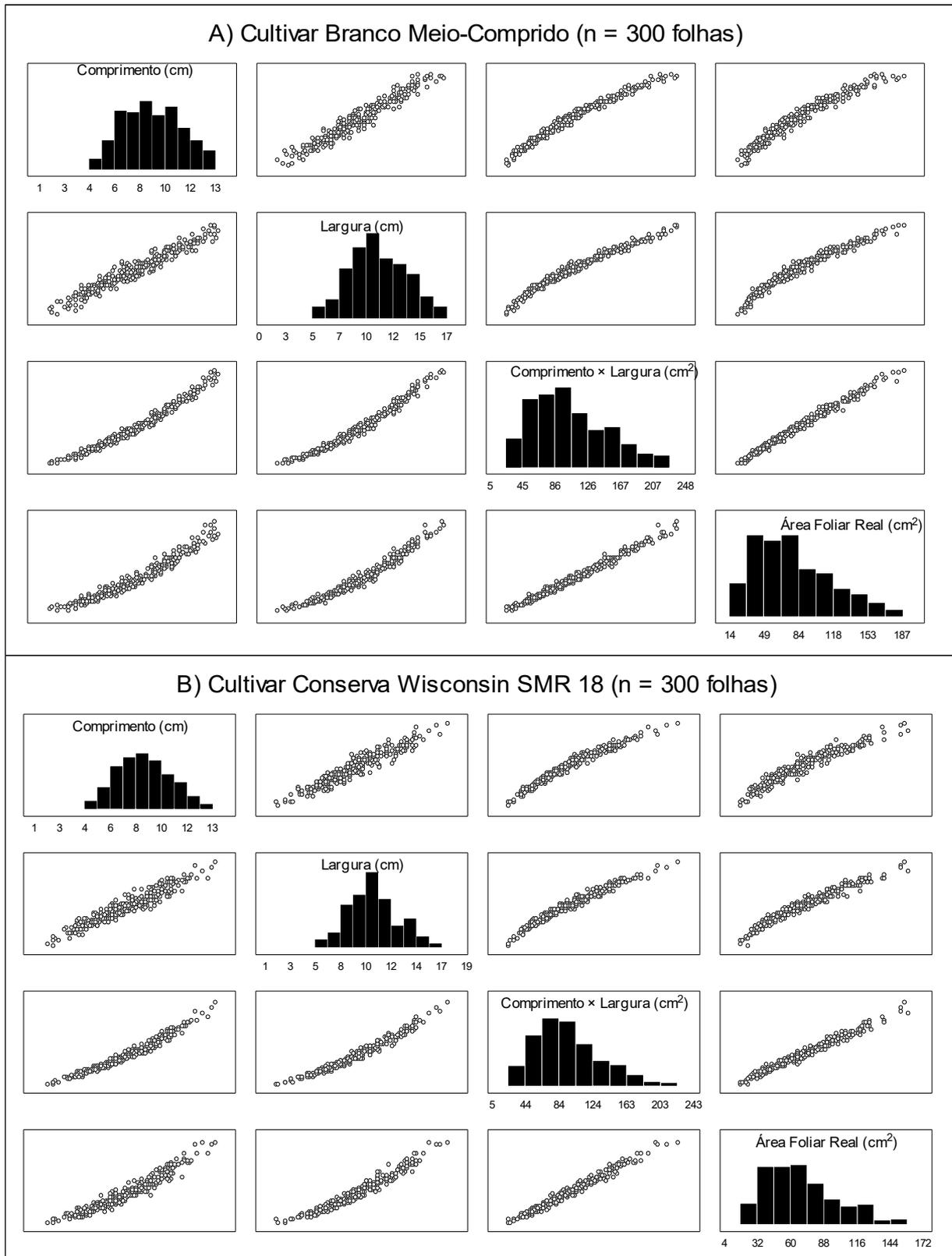


Figura 3. Matriz com histograma de frequência (na diagonal) e gráficos de dispersão entre comprimento, largura, produto comprimento \times largura e área foliar real de 300 folhas de pepineiro das cultivares: A) Branco Meio-Comprido; e, B) Conserva Wisconsin SMR 18.

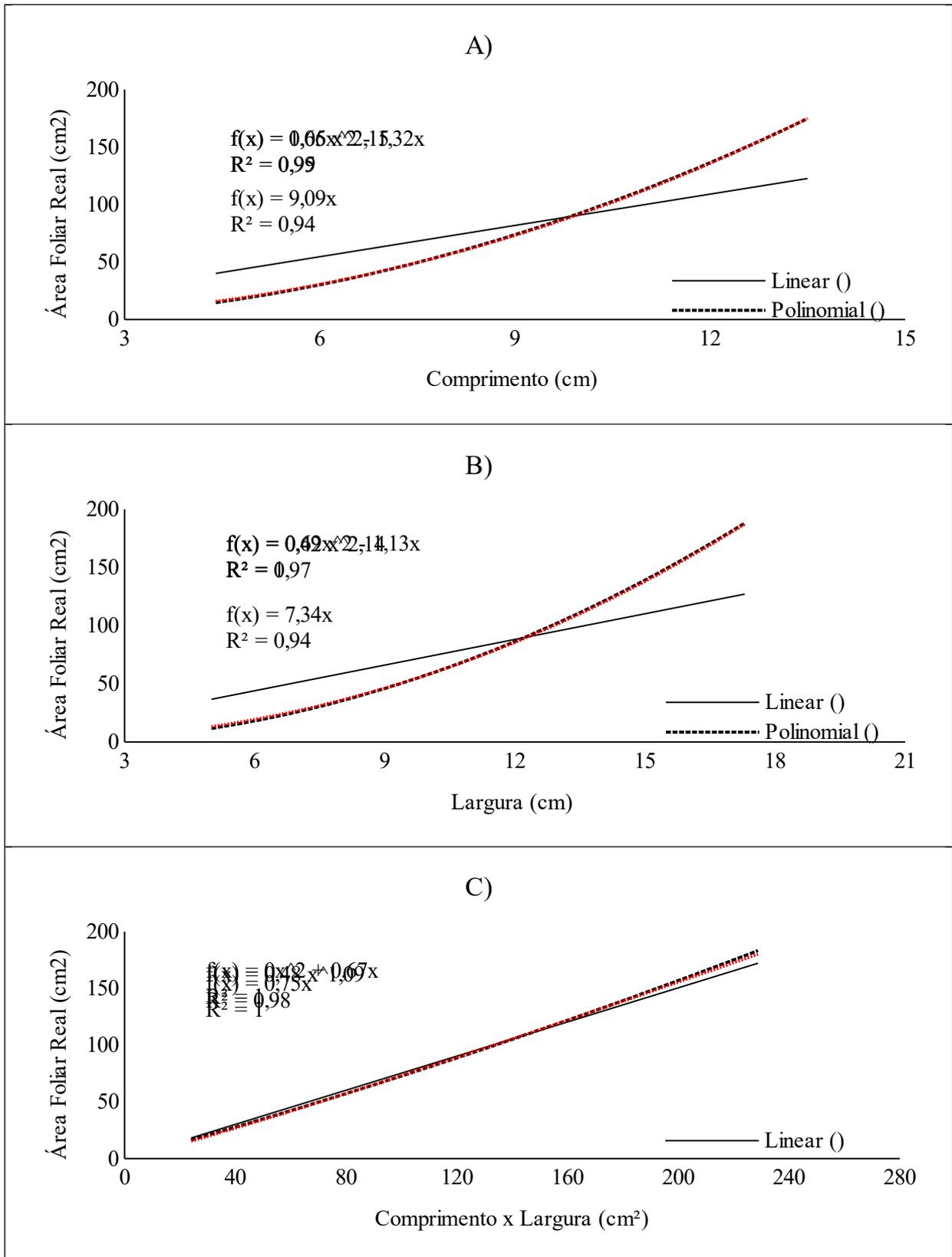
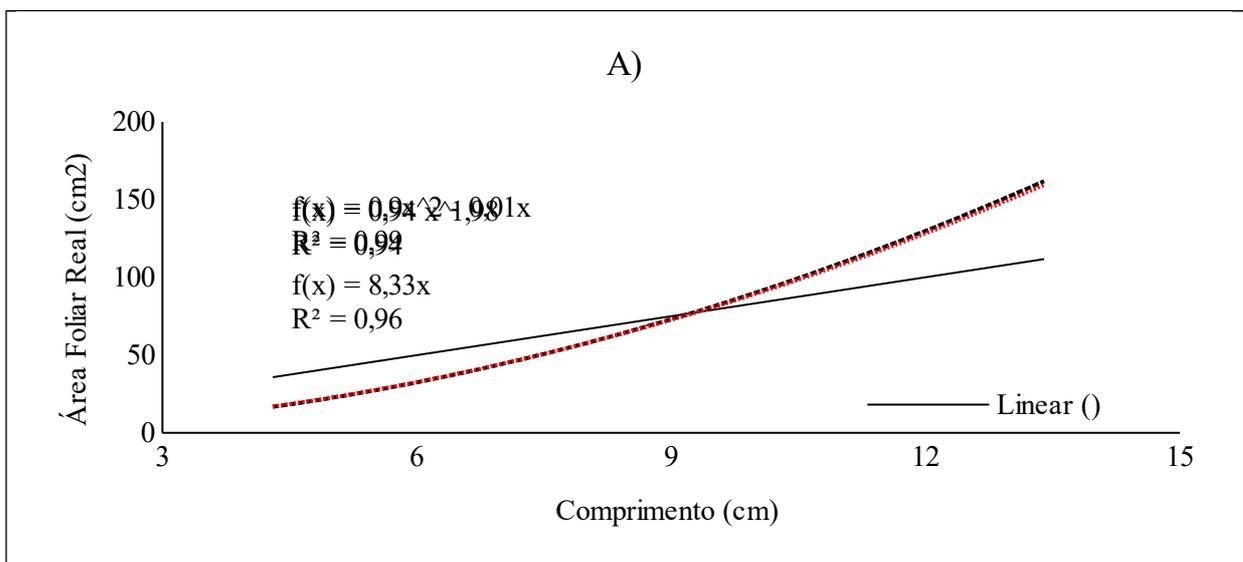


Figura 4. Modelos - linear, quadrático e potência - de estimação de área foliar real (AF) de pepineiro Branco Meio-Comprido em função de: A) C = comprimento, em cm; B) L = largura, em cm; C) CL = produto comprimento × largura, em cm², gerados com base em n = 300 folhas.

Considerando a cultivar Conserva Wisconsin SMR 18 (Figura 4), o modelo matemático do tipo quadrático ($R^2 = 0,9428$) teve maior ajuste na predição da área

foliar total em função do comprimento da folha. Analisando a variável largura, o modelo de maior adequação foi do tipo potência ($R^2 = 0,9618$), observando-se similaridade com o modelo do tipo quadrático ($R^2 = 0,9610$), e que devido sua simplicidade também poderá vir a ser utilizado caso necessário. Na geração do modelo em função do produto comprimento \times largura, a maior predição da área foliar total ocorreu com o modelo do tipo quadrático ($R^2 = 0,9765$). Porém, modelos do tipo linear ($R^2 = 0,9750$) e potência ($R^2 = 0,9735$) também tiveram bons ajustes, devendo assim utilizar-se o de maior facilidade. NASCIMENTO et al. (2002) ao trabalhar com meloeiro, também verificou maior adequação do modelo tipo potência, sendo que medidas de largura apresentaram maior associação ao modelo, quando comparadas as medidas de comprimento.

De acordo com a Figura 5, a soma da área foliar total das duas cultivares de pepineiro ao gerar modelos associados ao comprimento, largura e produto do CL, obteve para a predição da área foliar total em todas as associações a maior adequação do modelo tipo quadrático ($0,9544 \leq R^2 \leq 0,9818$). Entretanto, com base no CL, os três modelos de estimação da área foliar (linear, quadrático e potência) apresentaram ajustes semelhantes. Assim, o modelo linear ($AF = 0,7443CL$ $R^2 = 0,9773$), quadrático ($AF = 0,0005CL^2 + 0,6805CL$ $R^2 = 0,9818$) e potência ($AF = 0,5274CL^{1,0704}$ $R^2 = 0,9781$) são todos recomendados para estimação da área foliar de *Cucumis sativus* L.



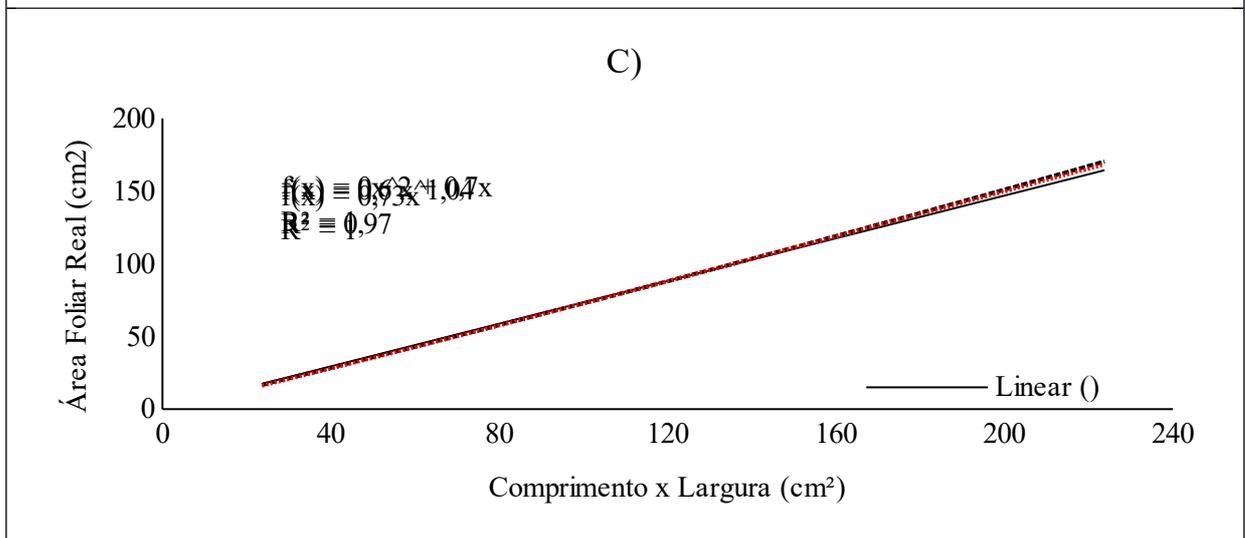
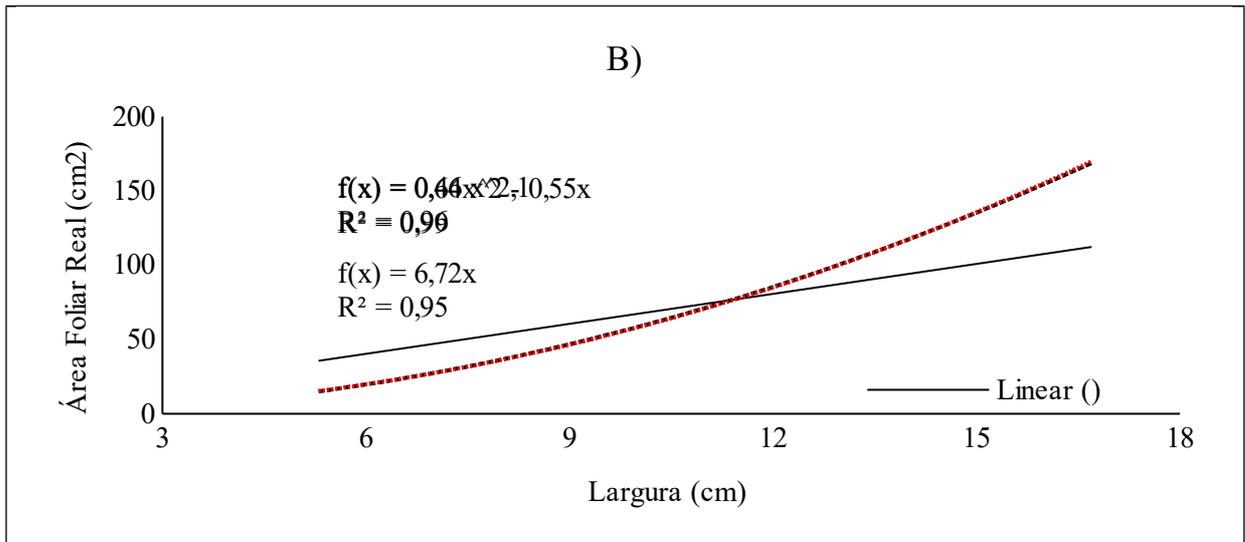
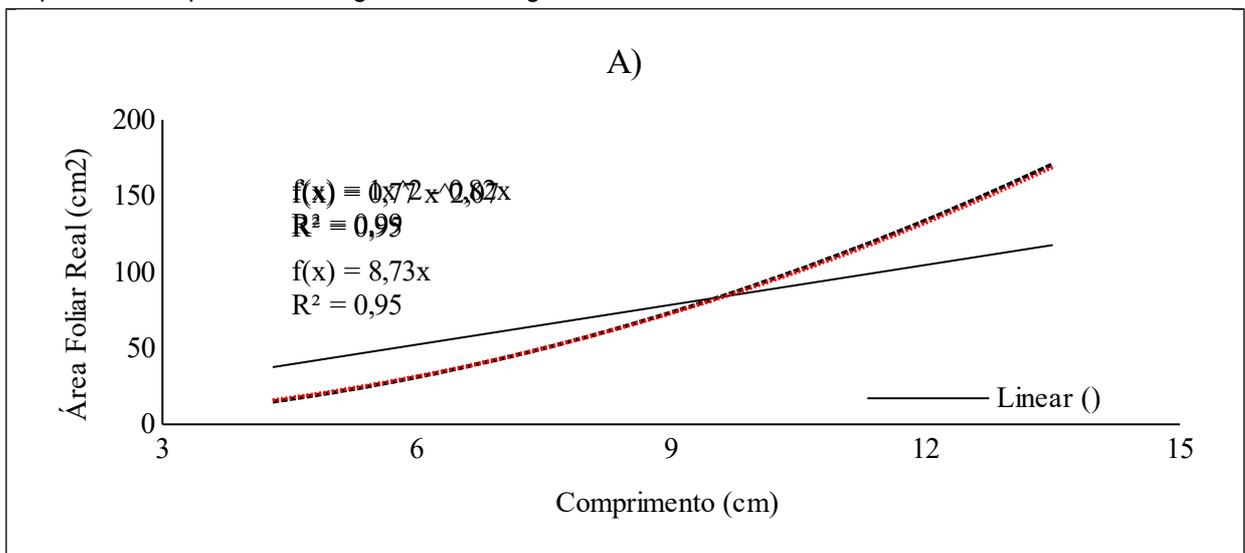


Figura 5. Modelos - linear, quadrático e potência - de estimação de área foliar real (AF) de pepineiro Conserva Wisconsin SMR18 em função de: A) C = comprimento, em cm; B) L = largura, em cm; C) CL = produto comprimento × largura, em cm², gerados com base em n = 300 folhas.



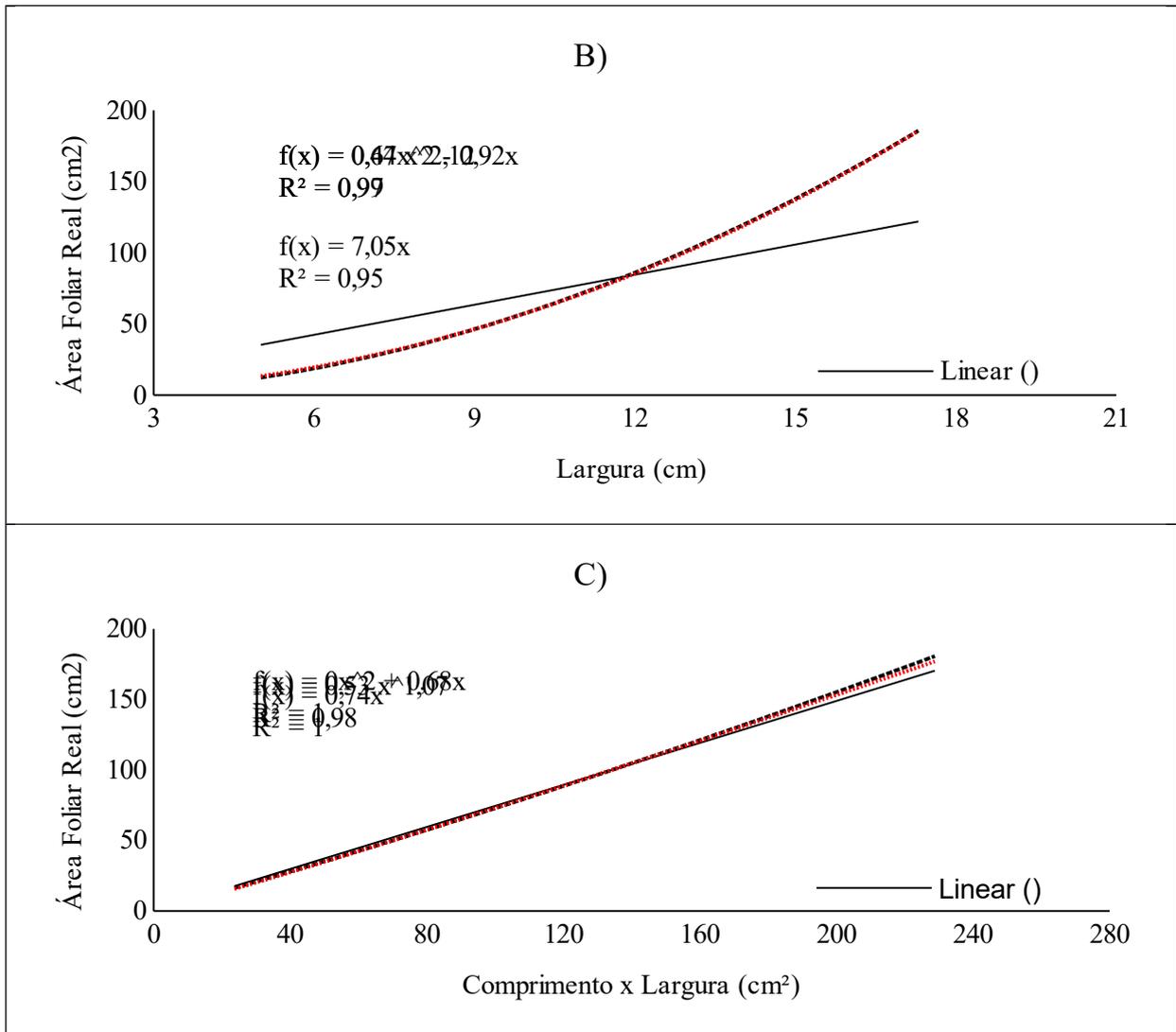


Figura 6. Modelos - linear, quadrático e potência - de estimação de área foliar real (AF) de pepineiro de duas cultivares (Branco Meio-Comprido e Conserva Wisconsin SMR18) em função de: A) C = comprimento, em cm; B) L = largura, em cm; C) CL = produto comprimento × largura, em cm², gerados com base em n = 600 folhas.

Com base nos 27 modelos gerados (Figuras 3, 4 e 5), verificou-se bom ajuste dos modelos quadráticos ($0,9428 \leq R^2 \leq 0,9854$) e potência ($0,9395 \leq R^2 \leq 0,9820$), independentemente da dimensão linear considerada (C, L ou CL). Segundo ZUCOLOTO et al. (2008) a escolha do modelo matemático de melhor determinação da área foliar total, deve levar em consideração sua simplicidade de uso e o coeficiente de determinação (R^2). Desta forma, recomenda-se o uso do modelo tipo quadrático $AF = 0,0006CL^2 + 0,6714CL$ ($R^2 = 0,9854$) para a cultivar Branco Meio-Comprido, o modelo tipo quadrático $AF = 0,0003CL^2 + 0,7013CL$ ($R^2 = 0,9765$) para a cultivar Conserva Wisconsin SMR 18, e de forma geral para ambas as cultivares o uso do modelo do tipo quadrático $AF = 0,0005CL^2 + 0,6805CL$ ($R^2 = 0,9818$).

4 CONCLUSÕES

Os modelos do tipo quadrático em função de largura, comprimento e produto de CL, e modelos do tipo linear, quadrático e potência em função do produto de CL, podem ser utilizados para estimação da área foliar de pepineiro (*Cucumis sativus* L.) com elevada precisão e confiabilidade.

Para a cultivar Branco Meio-Comprido, o Modelo Quadrático $AF = 0,0006CL^2 + 0,6714CL$ ($R^2 = 0,9854$), em função do produto de comprimento vezes largura é adequado para a estimação da área foliar. A cultivar Conserva Wisconsin SMR 18, teve como melhor adequação o Modelo Quadrático $AF = 0,0003CL^2 + 0,7013CL$ ($R^2 = 0,9765$), também em função do comprimento vezes largura.

De forma geral, o Modelo Quadrático $AF = 0,0005CL^2 + 0,6805CL$ ($R^2 = 0,9818$) pode ser utilizado com confiabilidade na estimativa da área foliar total das duas cultivares de *Cucumis sativus* L.

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.
- ALVIM, K.R.T.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.M.; GOMES, L.S.; LOPES, M.T.G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, 2010.
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, v.62, p.305-309, 2005.
- BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; BRAUN, H.; BUSATO, C.C.M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.702-708, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A. Estimação da área foliar de canola por dimensões foliares. **Bragantia**, v.74, p.139-148, 2015.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; CASAROTTO, G. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. **Bragantia**, v.71, p.47-51, 2012.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, p.199, 2013.
- FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A.G.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.769-773, 2002.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. 2ª edição revista e ampliada.
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S. Estimativa do índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido- cultivos de inverno e de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.8-13, 2000.
- LIMA, C.J.G.S.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; OLIVEIRA FILHO, A.F. Modelos matemáticos para estimativa da área foliar de feijão caupi. **Revista Caatinga**. v.21, p.120-127, 2008.
- MEDCALC SOFTWARE. **Digimizer image analysis software manual**. Belgium, 2015.

NASCIMENTO, I.B.; FARIAS, C.H.A.; SILVA, M.C.C.; MEDEIROS, J.F.; ESÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M.Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.555-558, 2002.

NOMURA E.S.; CARDOSO, A. I. I. Redução da área foliar e o rendimento do pepino japonês. **Scientia Agricola**. v.57, p.257-261, 2000.

POMPELLI, M. F.; ANTUNES, W.C.; FERREIRA, D.T.R.G.; CAVALCANTE, P.G.S.; WANDERLEY FILHO, H.C.L.; ENDRES, L. Allometric models for non-destructive leaf area estimation of *Jatropha curcas*. **Biomass and Bioenergy**, v.36, p.77-85, 2012.

ROBINSON, R.W; DECKER-WALTERS, D.S. Cucurbits. **Cambridge: Cab International**, p.226, 199.

SCHWAB, N.T.; STRECK, N.A.; REHBEIN,A.; RIBEIRO, B.S.M.R.; ULHMANN, L.O.; LANGNER, J.A.; BECKER, C.C. Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar de gladiolo. **Bragantia**, v.73, p.97-105, 2014.

SEDIYAMA, M.A.; NASCIMENTO, J.L.M.; LOPES, I.P.C.; LIMA, P.C.; VIDIGAL, S.M. Tipos de poda em pepino dos grupos aodai, japonês e caipira. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.491-496, 2014.

SERON, C.C.; LORENZONI, M.Z.; SOUZA, A.H.C.; REZENDE, R.; MALLER, A.; SANTOS, F.A.S. Produtividade da água para o cultivo do pepino japonês em ambiente protegido. **Anais Eletrônico**, v.9, p.4-8, 2015.

STATSOFT. **Statistica 12.0 Software**. Tucksá: USA, 2015.

TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S.J.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, T.R. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. **Ciência Rural**, v.40, p.445-448, 2010.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOOSE, L.H.; HELDWEIN, A.B.; ZANON, A.J. Área foliar de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de dimensões foliares. **Ciência Agrária**, v.33, p.2491-2500, 2010.

VALENZUELA, H,R; HAMASAKI, R.; FUKUDA, S.K. Field cucumber production guidelines for Hawaii.Honolulu(HI). **Research Extension Series**, v.151, 1994.

VIEIRA JÚNIOR, P.A.; DOURADO NETO, D.; CICERO, S.M.; CASTRO JORGE, L.A.; MANFRON, P.A.; MARTIN, T.N. Estimativa da área foliar em milho através de análise de imagens. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.58-66, 2006.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J.S.D.S.; COELHO, R.I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1152-1154, 2008.