

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

**ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE TRITICALE POR  
DIMENSÕES FOLIARES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Patrícia Jesus de Melo**

**Itaqui, RS, Brasil  
2017**

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

**PATRÍCIA JESUS DE MELO**

**ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE TRITICALE POR  
DIMENSÕES FOLIARES**

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 **Engenheira Agrônoma**.

Orientador: Marcos Toebe

Itaqui, RS, Brasil  
2017

M528e Melo, Patrícia Jesus de  
Estimação da área foliar de Triticale por dimensões foliares /  
Patrícia Jesus de Melo.  
26 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2017.  
"Orientação: Marcos Toebe".

1. Modelos matemáticos. 2. Colinearidade. 3. Processamento  
de imagem. 4. *Triticosecale wittmack*. I. Título

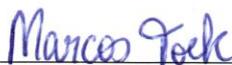
**PATRÍCIA JESUS DE MELO**

**ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE TRITICALE POR DIMENSÕES  
FOLIARES**

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 **Engenheira Agrônoma**.

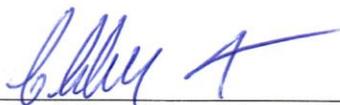
Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 13 de junho de 2017.

Banca examinadora:



---

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



---

Prof. Dr. Cleber Maus Alberto  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



---

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

Dedico este trabalho ao meu amado pai,  
Delomar Melo e a todos que contribuíram  
direta ou indiretamente para sua realização.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço especialmente a minha família por todo apoio e incentivo para minha formação acadêmica e profissional, em especial aos meus pais Delomar e Vera e aos meus irmãos Natiele e Hermes.

Ao Prof. Dr. Marcos Toebe pela orientação e pelo apoio para que eu desenvolvesse e realizasse este trabalho de conclusão de curso.

Aos professores, minha gratidão pelos ensinamentos compartilhados ao longo do curso.

Agradeço ao grupo de pesquisa em estatística e experimentação agrônômica (GEPEEA) pela amizade, companheirismo e apoio na condução experimental, em especial à Francieli de Lima Tartaglia pela amizade e apoio.

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

Ao Programa de Educação Tutorial e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de iniciação científica. A UNIPAMPA e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro.

## RESUMO

### ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE TRITICALE POR DIMENSÕES FOLIARES

Autor: Patrícia Jesus de melo

Orientador: Marcos Toebe

Local e data: Itaqui, 13 de junho de 2017.

A área foliar é um importante indicativo do crescimento de culturas agrícolas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar a área foliar de triticales em função de dimensões lineares de folhas não-bandeiras e bandeiras. O experimento com a cultura do triticales cultivar IPR111 foi realizado na safra 2016. Aos 93 dias após a semeadura foram coletadas 200 folhas não-bandeiras e 200 folhas bandeiras para a geração de modelos matemáticos de estimação de área foliar em função das dimensões lineares das folhas. Aos 106 dias após a semeadura foram coletadas 100 folhas não-bandeiras e 100 folhas bandeiras para a validação desses modelos. Em cada uma das 600 folhas, foram mensurados o comprimento (C) e a largura (L) do limbo foliar com régua milimetrada e, em seguida, estimados o produto comprimento vezes largura (C×L) e a razão comprimento largura (C/L). A seguir, as folhas foram digitalizadas e a área foliar real determinada por meio de imagens digitais com o Software Digimizer v.4.5.2®. Para folhas não-bandeiras e bandeiras foram gerados e validados modelos do tipo linear ( $Y = a + bx$ ), quadrático ( $Y = a + bx + cx^2$ ) e potência ( $Y = ax^b$ ) para a estimação da área foliar real (Y), sendo que nesses modelos, x representou a dimensão linear da folha (C, L ou C×L). A morfologia das folhas não-bandeiras e bandeiras é distinta. Independentemente do tipo de folha (não-bandeira ou bandeira) e do tipo de modelo (linear, quadrático ou potência), os melhores modelos de estimação da área foliar de triticales são aqueles que utilizam C×L como variável explicativa. Para estimar a área foliar de folhas não-bandeiras podem ser utilizados os modelos linear ( $\hat{Y} = 1,1000 + 0,7633x$ ;  $R^2 = 0,9743$ ), quadrático ( $\hat{Y} = -0,1144 + 0,8310x - 0,0009x^2$ ;  $R^2 = 0,9746$ ) e potência ( $\hat{Y} = 0,8945x^{0,9668}$ ;  $R^2 = 0,9757$ ), em que x representa C×L. Para estimar a área foliar de folhas bandeiras podem ser utilizados os modelos linear ( $\hat{Y} = -0,4088 + 0,7435x$ ;  $R^2 = 0,9893$ ), quadrático ( $\hat{Y} = 0,7992 + 0,6602x + 0,0012x^2$ ;  $R^2 = 0,9899$ ) e potência ( $\hat{Y} = 0,7212x^{1,0029}$ ;  $R^2 = 0,9886$ ), em que x representa C×L.

Palavras-chave: Modelos matemáticos; colinearidade; processamento de imagem; *Triticosecale* Wittmack.

## ABSTRACT

### ESTIMATION OF THE TRITICALE FOLIAR AREA BY FOLIAR DIMENSIONS

Author: Patricia Jesus de Melo

Advisor: Marcos Toebe

Data: Itaqui, June 13, 2017.

The leaf area is an important indicator of the growth of agricultural crops. In this sense, the objective of this work was to estimate the leaf area of triticale as a function of linear dimensions of non-flags and flags leaves. The experiment with the triticale cultivar IPR111 was carried out in the 2016 harvest. At 93 days after sowing, 200 non-flags and 200 flags leaves were collected for the generation of mathematical models to estimate the leaf area as a function of the leaf linear dimensions. At 106 days after sowing, 100 non-flags and 100 flags leaves were collected for the validation of these models. In each of the 600 leaves, the length (C) and width (L) of the leaf limbus were measured with millimeter ruler and then the product length times width ( $C \times L$ ) and length width ratio ( $C / L$ ) were estimated. The leaves were then scanned and the real leaf area determined using digital images with Digimizer v.4.5.2® Software. For non-flags and flags leaves were generated and validated linear ( $Y = a + bx$ ), quadratic ( $Y = a + bx + cx^2$ ) and potency ( $Y = ax^b$ ) models for the estimation of the real leaf area (Y), where x represented the linear dimension of the leaf (C, L or  $C \times L$ ). The morphology of non-flags and flags leaves is different. Regardless of the type of leaf (non-flag or flag) and type of model (linear, quadratic or potency), the best triticale leaf area estimation models are those that use  $C \times L$  as the explanatory variable. To estimate the leaf area of non-flags leaves the linear ( $\hat{Y} = 1,1000 + 0,7633x$ ;  $R^2 = 0,9743$ ), quadratic ( $\hat{Y} = - 0,1144 + 0,8310x - 0,0009x^2$ ,  $R^2 = 0,9746$ ) and potency ( $\hat{Y} = 0.8945x^{0.9668}$ ;  $R^2 = 0.9757$ ) models where x represents  $C \times L$ , can be used. To estimate leaf area of flags leaves the linear ( $\hat{Y} = - 0.4088 + 0.7435x$ ;  $R^2 = 0.9893$ ), quadratic ( $\hat{Y} = 0.7992 + 0.6602x + 0.0012x^2$ ;  $R^2 = 0.9899$ ) and potency ( $\hat{Y} = 0.7212x^{1.0029}$ ;  $R^2 = 0.9886$ ) models where x represents  $C \times L$ , can be used.

Keywords: mathematical models, collinearity, image processing, *Triticosecale* Wittmack.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Matriz com histogramas de frequência (na diagonal) e gráficos de dispersão do comprimento (cm), largura (cm), comprimento versus largura (cm<sup>2</sup>), razão entre comprimento e largura (unidades) e área foliar real (cm<sup>2</sup>), 200 folhas não-bandeiras (A) e 200 folhas bandeiras (B), coletadas aos 93 dias após a semeadura, utilizadas na geração de modelos de área foliar de Triticale (*Triticosecale wittmack*) Cultivar IPR 111. ....21

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Número de folhas (n), mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, mediana (Med.), variância (Var.), coeficiente de variação (CV, em %), assimetria (Assim.), curtose (Curt.) e p-valor do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para variáveis avaliadas em folhas não-bandeiras e bandeiras coletadas na primeira e segunda época, respectivamente, para a geração e para a validação dos modelos de área foliar de Triticale (*Triticosecale wittmack*) Cultivar IPR 111. .... 16
- Tabela 2.** Modelos lineares, quadráticos e potência para a determinação da área foliar real ( $\hat{Y}$ ) de folhas não-bandeiras e bandeiras de Triticale (*Triticosecale wittmack*), coletadas aos 93 dias após a semeadura, Cultivar IPR 111 em função de dimensões lineares das folhas e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de cada modelo. .... 18
- Tabela 3.** Coeficientes linear (a), angular (b), de correlação linear de Pearson (r) e de determinação ( $R^2$ ) obtidos na regressão linear ajustada entre a área foliar estimada (variável dependente) e a área foliar real (variável independente). Erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e índice d de Willmott (WILLMOTT, 1981) calculados com base nas áreas foliares estimada e real de folhas não-bandeiras e bandeiras de Triticale (*Triticosecale wittmack*) Cultivar IPR 111 em função de dimensões lineares das folhas e diferentes tipos de modelos. .... 20

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4 CONCLUSÃO.....	22
5 AGRADECIMENTOS .....	22
6 REFERÊNCIAS .....	23

# 1 INTRODUÇÃO

O triticale (*Triticosecale* Wittmack) é um cereal híbrido originado do cruzamento do trigo (*Triticum sp*) com o centeio (*Secale sp*). Esse cruzamento visou à obtenção de maior e melhor produção de farinha para massas. O triticale pertence à família Poaceae, sendo uma planta rústica que possui capacidade de se desenvolver onde outros cereais de inverno teriam limitação ou não cresceriam, possibilitando o cultivo com retorno satisfatório em áreas com menor tecnologia (BRAMBATTI, 2010). Conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), na safra 2016 a produção brasileira foi de 68,1 mil toneladas, sendo que a região sul produziu 46,7 mil toneladas do grão.

A modelagem da área foliar é importante em estudos biológicos e agrônômicos, por se tratar de um indicativo da produtividade de uma determinada cultura, estando diretamente relacionada a processos fisiológicos e principalmente a fotossíntese (FAVARIN et al., 2002). Em geral a área foliar de uma planta apresenta crescimento até um máximo e posterior decréscimo em função da senescência natural das plantas. Assim, quanto mais rápido a planta atingir o pico de área foliar e permanecer nesse nível pelo maior período de tempo possível, maior tende a ser a produtividade (ALVIM et al., 2010).

Para a determinação da área foliar de uma cultura, existem métodos diretos e indiretos. Por meio dos métodos indiretos, pode-se realizar a estimativa da área foliar em função de dimensões lineares da folha, via modelos matemáticos. Nesse caso, inicialmente coletam-se folhas nas quais são medidas as dimensões lineares (comprimento, largura) e determinada a área foliar real. A seguir, procede-se a modelagem da área foliar com base em uma ou mais dimensões lineares das folhas, bem como a validação dos modelos gerados. Esses modelos podem ser empregados para a determinação da área foliar da cultura a campo, mantendo a integridade da planta e possibilita o acompanhamento do crescimento e desenvolvimento da cultura.

Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar em função do comprimento, da largura ou do produto comprimento  $\times$  largura já foram desenvolvidos para cafeeiro (FAVARIN et al., 2002), abobrinha (ROUPHAEL et al., 2006), milho (VIEIRA JUNIOR et al., 2006), avelã (CRISTOFORI et al., 2007), berinjela (RIVERA et al., 2007; HINNAH et al., 2014), kiwi (MENDOZA-DE GYVES et al., 2007), soja (ADAMI et al., 2008), roseira (ROUPHAEL et al., 2010), crumbe (TOEBE et al., 2010), capim-aruaana (GALZERANO et

al., 2012), nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012), feijão de vagem (TOEBE et al., 2012a), feijão de porco (TOEBE et al., 2012b), gládolo (SCHAWB et al., 2014), feijão guandu (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015a), canola (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015b). A folha bandeira, contribui para a produtividade das culturas, em trabalhos realizados com a cultura do trigo, mostrou redução de 9%, 10,7% e 11,1% para peso de grãos, rendimento de grãos e número de grãos por espiga respectivamente com a retirada da folha bandeira no início da formação da espiga (SOUZA et al., 2013). Pode ocorrer de folhas bandeira e não-bandeira possuir modelos matemáticos distintos para a predição da área foliar, no entanto, não foram encontrados trabalhos sobre a modelagem de área foliar de triticales em função de suas dimensões lineares.

O objetivo com esse estudo foi realizar a modelagem da área foliar de triticales em função de dimensões lineares de folhas não-bandeira e bandeira.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui, nas coordenadas geográficas 29° 09'S e 56° 33'W e 74 m de altitude. O clima da região é Cfa subtropical úmido sem estação seca definida, conforme classificação de Köppen (WREGE et al., 2011) e o solo é classificado como Plintossolo Háptico (EMBRAPA, 2013). A semeadura da cultura do triticales, cultivar IPR111, foi realizada no dia 03 de junho de 2016 com espaçamento de 0,17 m entre linhas e população final obtida de 1.294.117 plantas ha<sup>-1</sup> sendo realizada adubação de base de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e duas adubações de cobertura, totalizando 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, conforme recomendações para a cultura apresentadas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004).

Aos 93 dias após a semeadura foram coletadas 200 folhas bandeira e 200 folhas não-bandeira para a geração de modelos matemáticos de estimação de área foliar em função das dimensões lineares das folhas de triticales. Aos 106 dias após a semeadura foram coletadas 100 folhas não-bandeira e 100 folhas bandeiras para a validação desses modelos. Em cada uma das 600 folhas, foram mensurados comprimento (C) e a largura (L) do limbo foliar com régua milimetrada. Em seguida, foram estimados o produto comprimento vezes largura (C×L), a razão do comprimento pela largura (C/L) e, posteriormente, determinada a área foliar real de cada folha por meio do processamento 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 200 dpi. Depois as imagens digitais foram processadas com o Software Digimizer v.4.5.2® (MEDCALC SOFTWARE, 2015) e determinada a área foliar real. Foram calculados os valores mínimo, máximo, média, mediana, variância, coeficiente de variação, assimetria, curtose e p-valor do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para os dados do C, da L, do C×L, da razão C/L e da área foliar real (Y) das folhas não-bandeira e bandeira utilizadas para geração e para validação dos modelos. Para folhas não-bandeira e bandeira utilizadas na geração dos modelos matemáticos foram gerados histogramas de frequências e gráficos de dispersão entre C, L, C×L, C/L e Y, sendo que as médias de C, L, C×L, C/L e Y foram comparadas entre folhas não-bandeira e bandeira por meio do teste t para amostras independentes.

Com base nas 200 folhas não-bandeira e 200 folhas bandeira foram gerados modelos do tipo linear ( $Y = a + bx$ ), quadrático ( $Y = a + bx + cx^2$ ) e potência ( $Y = ax^b$ ) para a estimação da área foliar real (Y), sendo que nesses modelos, x representou a dimensão linear da folha (C, L ou C×L). Ainda, foram gerados modelos gerais com base nas 400 folhas totais (bandeira e não-bandeira). Nos modelos gerados em que foi utilizado o produto comprimento × largura da folha foi previamente realizado o diagnóstico de colinearidade com base no Fator de Inflação de Variância:  $FIV = 1 / (1 - r^2)$  (CRISTOFORI et al., 2007) e na Tolerância  $T = 1/FIV$  (ROUPHAEL et al., 2010; TOEBE e CARGNELUTTI FILHO, 2013). Se o FIV for superior a 10 e T inferior a 0,10, considerou-se colinearidade severa e, nesse caso, não é recomendado o uso das duas variáveis (comprimento e largura) na geração do modelo, devendo uma destas ser eliminada conforme descrito por Cristofori et al. (2007), Roupael et al. (2010) e Toebe e Cargnelutti Filho (2013).

A validação dos modelos de estimação da área foliar foi realizada com base nos 100 valores estimados de área foliar pelo modelo ( $\hat{Y}_i$ ) e os 100 valores observados ( $Y_i$ ) de área foliar real para os modelos de folhas não-bandeira e bandeira. Nos modelos gerais, foram comparados os 200 valores observados e os 200 valores estimados pelos modelos. Em cada caso foi ajustada uma regressão linear simples ( $\hat{Y}_i = a + bY_i$ ) da área foliar estimada pelo modelo (variável dependente) em função da área foliar observada (variável independente). Foram testadas as hipóteses  $H_0: a = 0$  versus  $H_1: a \neq 0$  e  $H_0: b = 1$  versus  $H_1: b \neq 1$ , por meio do teste t de Student a 5% de probabilidade. A seguir foram calculados os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e de determinação ( $R^2$ ) entre  $\hat{Y}_i$  e  $Y_i$ . Para cada modelo, também foi calculado o erro absoluto médio (EAM) e o índice (d) de Willmott (WILLMOTT,

1981) conforme indicado por Cargnelutti Filho et al. (2012, 2015a, b).

Para a escolha dos melhores modelos de estimação da área foliar de triticales em função do C, da L ou C×L da folha, foram utilizados os seguintes critérios na validação dos modelos: coeficiente linear não diferente de zero, coeficiente angular não diferente de um, coeficientes de correlação linear de Pearson e de determinação mais próximos de um, erro absoluto médio mais próximo de zero e índice (d) de Willmott (1981) mais próximo de um, de acordo com recomendações de Cargnelutti Filho et al. (2012, 2015a, b). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® e do software Statistica 12.0® (STATSOFT, 2015).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A elevada diferença dos valores mínimo e máximo entre as folhas bandeira e não-bandeira nas diferentes variáveis avaliadas ( $7,80 \text{ cm} \leq \text{comprimento} \leq 37 \text{ cm}$ ,  $0,90 \text{ cm} \leq \text{largura} \leq 2,00 \text{ cm}$ ,  $7,80 \text{ cm}^2 \leq \text{comprimento} \times \text{largura} \leq 67,20 \text{ cm}^2$ ,  $7,80 \leq \text{razão comprimento/largura} \leq 26$  e  $5,47 \text{ cm}^2 \leq \text{área foliar real} \leq 50,86 \text{ cm}^2$ ) indica ampla variabilidade do tamanho e formato das folhas coletadas. Tanto em folhas bandeira e não-bandeira utilizadas para a geração e para a validação dos modelos de estimação de área foliar, os valores da média e mediana apresentaram valores semelhantes, indicando bom ajuste a distribuição normal (Tabela 1).

O coeficiente de variação foi superior para C×L e Y, quando comparado com os valores das demais variáveis (C, L e C/L), comportamento similar ao observado por Cargnelutti Filho et al. (2015a) em feijão guandu e por Toebe et al. (2012a) em feijão de porco. Os elevados valores de coeficiente de variação ocorreram em função da grande variabilidade dos dados (ampla diferença nos tamanhos das folhas). Desta forma pode-se afirmar que os dados coletados estão adequados para a construção dos modelos de estimação de área foliar representativos da cultura.

Na avaliação das folhas não-bandeira coletadas para a geração e para a validação dos modelos, foram observados dados simétricos, curtose mesocúrtica e bom ajuste a distribuição normal (Tabela 1 e Figura 1A). As folhas bandeira coletadas para a geração e para a validação dos modelos apresentaram alguns desvios significativos, especialmente com relação à assimetria positiva, o que é justificado em função de algumas folhas coletadas apresentarem tamanho superior ao observados no tamanho médio das folhas (Figura 1B).

**Tabela 1.** Número de folhas (n), mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, mediana (Med.), variância (Var.), coeficiente de variação (CV, em %), assimetria (Assim.), curtose (Curt.) e p-valor do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para variáveis avaliadas em folhas não-bandeiras e bandeiras coletadas na primeira e segunda época, respectivamente, para a geração e para a validação dos modelos de área foliar de Triticale (*Triticosecale* Wittmack) Cultivar IPR 111.

Variável (unid.)	n	Mín.	Máx.	Média <sup>(1)</sup>	Med.	Var.	CV(%)	Assim. <sup>(2)</sup>	Curt. <sup>(3)</sup>	P-valor
Coleta aos 93 dias Após a Semeadura(DAS) - Folhas não-bandeiras utilizadas na geração de modelos										
Comprimento (cm)	200	15,30	37,00	26,52a	26,15	18,28	16,12	0,02 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	p>0,20
Largura (cm)	200	0,90	1,90	1,38b	1,40	0,04	15,15	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	p<0,05
Comprimento × Largura (cm <sup>2</sup> )	200	15,30	65,34	37,13a	36,13	106,30	27,77	0,30 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	p>0,20
Razão Comprimento / Largura	200	11,44	26,00	19,38a	19,33	6,55	13,20	0,02 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	p>0,20
Área Foliar Real (cm <sup>2</sup> )	200	11,38	50,86	29,44a	28,34	63,57	27,08	0,26 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	p>0,20
Coleta aos 93 DAS - Folhas bandeiras utilizadas na geração de modelos										
Comprimento (cm)	200	9,70	34,40	19,59b	19,00	25,68	25,87	0,45*	-0,04 <sup>ns</sup>	p>0,20
Largura (cm)	200	0,90	2,00	1,48a	1,50	0,06	17,24	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,59 <sup>ns</sup>	p<0,15
Comprimento × Largura (cm <sup>2</sup> )	200	8,73	67,20	29,98b	28,20	146,07	40,31	0,63*	0,00 <sup>ns</sup>	p<0,10
Razão Comprimento / Largura	200	8,44	20,25	13,17b	12,93	4,31	15,75	0,53*	0,38 <sup>ns</sup>	p>0,20
Área Foliar Real (cm <sup>2</sup> )	200	5,89	50,49	21,88b	20,46	81,61	41,28	0,73*	0,22 <sup>ns</sup>	p<0,15
Coleta aos 93 DAS - Total de folhas não-bandeiras e bandeiras utilizadas na geração de modelos										
Comprimento (cm)	400	9,70	37,00	23,06	23,35	33,97	25,28	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,61*	p>0,20
Largura (cm)	400	0,90	2,00	1,43	1,40	0,06	16,66	0,08 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>	p<0,01
Comprimento × Largura (cm <sup>2</sup> )	400	8,73	67,20	33,55	32,36	138,65	35,09	0,31*	-0,31 <sup>ns</sup>	p>0,20
Razão Comprimento / Largura	400	8,44	26,00	16,28	16,11	15,07	23,85	0,22 <sup>ns</sup>	-0,90*	p<0,01
Área Foliar Real (cm <sup>2</sup> )	400	5,89	50,86	25,66	25,08	86,72	36,29	0,28*	-0,40 <sup>ns</sup>	p>0,20
Coleta aos 106 DAS - Folhas não-bandeiras utilizadas na validação dos modelos										
Comprimento (cm)	100	13,60	34,60	23,98a	24,10	19,60	18,46	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	p>0,20
Largura (cm)	100	0,90	1,80	1,29a	1,30	0,04	15,98	0,30 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	p<0,10
Comprimento × Largura (cm <sup>2</sup> )	100	13,60	58,82	31,37a	31,29	92,47	30,65	0,45 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	p>0,20
Razão Comprimento / Largura	100	9,93	24,55	18,79a	18,76	8,73	15,72	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	p>0,20
Área Foliar Real (cm <sup>2</sup> )	100	10,22	45,06	24,64a	24,00	53,46	29,68	0,36 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	p>0,20
Coleta aos 106 DAS - Folhas bandeiras utilizadas na validação dos modelos										
Comprimento (cm)	100	7,80	28,60	16,45b	15,20	20,37	27,44	0,59*	-0,13 <sup>ns</sup>	p<0,10
Largura (cm)	100	0,90	2,00	1,32a	1,30	0,06	19,12	0,71*	-0,02 <sup>ns</sup>	p<0,05
Comprimento × Largura (cm <sup>2</sup> )	100	7,80	56,20	22,65b	20,65	105,50	45,34	1,10*	0,97*	p>0,20
Razão Comprimento / Largura	100	7,80	17,73	12,38b	12,50	4,42	16,99	0,15 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	p>0,20
Área Foliar Real (cm <sup>2</sup> )	100	5,47	39,66	16,31b	14,50	55,81	45,80	1,07*	0,76 <sup>ns</sup>	p<0,10
Coleta aos 106 DAS - Total de folhas não-bandeiras e bandeiras utilizadas na validação dos modelos										
Comprimento (cm)	200	7,80	34,60	20,22	20,10	34,14	28,90	0,07 <sup>ns</sup>	-0,88*	p<0,10
Largura (cm)	200	0,90	2,00	1,30	1,30	0,05	17,68	0,62*	0,10 <sup>ns</sup>	p<0,01
Comprimento × Largura (cm <sup>2</sup> )	200	7,80	58,82	27,01	26,12	117,60	40,14	0,55*	-0,23 <sup>ns</sup>	p>0,20
Razão Comprimento / Largura	200	7,80	24,55	15,58	15,00	16,89	26,37	0,25 <sup>ns</sup>	-0,94*	p<0,20
Área Foliar Real (cm <sup>2</sup> )	200	5,47	45,06	20,47	19,45	71,78	41,38	0,45*	-0,47 <sup>ns</sup>	p>0,20

<sup>(1)</sup> Médias de folhas não-bandeiras e bandeiras para determinada variável seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste t para duas amostras independentes via reamostragem bootstrap com 2000 simulações. <sup>(2)</sup>\*Assimetria difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>=Não-significativo. <sup>(3)</sup>\*Curtose difere de três, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade.

Quando comparadas entre si, as folhas bandeira e não-bandeira diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ), sendo as folhas não-bandeira de maior comprimento e menor largura e, por consequência, de maior razão comprimento/largura em relação às folhas bandeiras (Tabela 1). Para folhas não-bandeira, o FIV foi de 1,68 e o índice de tolerância de 0,60 entre as variáveis comprimento e largura da folha. Para folhas bandeira o FIV foi de 2,79 e a tolerância de 0,36. Já para os dados gerais (folhas não-bandeira e bandeira) o FIV foi de 1,26 e a tolerância de 0,80, indicando que não existem sérios problemas de colinearidade (CRISTOFORI et al., 2007; ROUPHAEL et al., 2010; TOEBE e CARGNELUTTI FILHO, 2013) entre comprimento e largura, portanto, as duas dimensões podem ser utilizadas conjuntamente em modelos de estimação de área foliar de triticales.

Com base nas 400 folhas utilizadas para geração dos modelos tanto para folhas bandeira e não-bandeira pode-se observar maior precisão nos modelos linear, quadrático e potência gerados utilizando as variáveis comprimento  $\times$  largura por apresentar coeficiente de determinação superior a 0,97. Dessa forma, pode-se concluir que os modelos mais precisos para a predição de área foliar de triticales são aqueles que utilizam duas dimensões da folha para a adequada predição da área foliar (Tabela 2). Galzerano et al. (2012), Bianco et al. (2001) e Silva et al. (2013) em estudos de estimativa de área foliar de capim Aruana, *Panicum maximum* e capins charaés e massai respectivamente, também observam melhor ajuste da equação com a utilização de duas dimensões do limbo foliar.

Para estimar a área foliar de folhas não-bandeira podem ser utilizados os modelos linear ( $\hat{Y} = 1,1000 + 0,7633x$ ;  $R^2 = 0,97$ ), quadrático ( $\hat{Y} = - 0,1144 + 0,8310x - 0,0009x^2$ ;  $R^2 = 0,97$ ) e potência ( $\hat{Y} = 0,8945x^{0,9668}$ ;  $R^2 = 0,97$ ), em que x representa o produto comprimento  $\times$  largura. Todos esses modelos apresentam validação superior (Tabela 3), ou seja coeficiente linear não difere de zero, quando a área foliar real for zero, a área foliar estimada também será zero, coeficiente angular não difere de um, ou seja, com o aumento de uma unidade de área foliar real aumenta-se uma unidade da área foliar estimada, alta correlação e coeficiente de determinação entre a área foliar real e a estimada pelo modelo, bem como os menores valores de EAM e RQME e maiores escores do índice d de Willmott.

**Tabela 2.** Modelos lineares, quadráticos e potência para a determinação da área foliar real ( $\hat{Y}$ ) de folhas não-bandeira e bandeira de Triticale (*Triticosecale wittmack*), coletadas aos 93 dias após a semeadura, Cultivar IPR 111 em função de dimensões lineares das folhas e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de cada modelo.

Número e Tipo de Modelo	Variável Independente (x)	Modelo	$R^2$
Modelos gerados com base em 200 folhas não-bandeiras			
1) Linear	Comprimento	$\hat{Y} = - 16,8190 + 1,7441x$	$R^2 = 0,87$
2) Quadrático	Comprimento	$\hat{Y} = - 7,3883 + 1,0157x + 0,0137x^2$	$R^2 = 0,87$
3) Potência	Comprimento	$\hat{Y} = 0,1442x^{1,6174}$	$R^2 = 0,88$
4) Linear	Largura	$\hat{Y} = - 14,8140 + 32,1030x$	$R^2 = 0,70$
5) Quadrático	Largura	$\hat{Y} = - 14,4070 + 31,4980x + 0,2196x^2$	$R^2 = 0,70$
6) Potência	Largura	$\hat{Y} = 17,4540x^{1,5655}$	$R^2 = 0,72$
7) Linear	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = 1,1000 + 0,7633x$	$R^2 = 0,97$
8) Quadrático	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = - 0,1144 + 0,8310x - 0,0009x^2$	$R^2 = 0,97$
9) Potência	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = 0,8945x^{0,9668}$	$R^2 = 0,97$
Modelos gerados com base em 200 folhas bandeiras			
10) Linear	Comprimento	$\hat{Y} = - 12,0240 + 1,7308x$	$R^2 = 0,94$
11) Quadrático	Comprimento	$\hat{Y} = - 4,6197 + 0,9680x + 0,0184x^2$	$R^2 = 0,94$
12) Potência	Comprimento	$\hat{Y} = 0,1942x^{1,5768}$	$R^2 = 0,94$
13) Linear	Largura	$\hat{Y} = - 24,5000 + 31,382x$	$R^2 = 0,78$
14) Quadrático	Largura	$\hat{Y} = 7,8446 - 13,9460x + 15,4070x^2$	$R^2 = 0,80$
15) Potência	Largura	$\hat{Y} = 8,8859x^{2,1717}$	$R^2 = 0,83$
16) Linear	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = - 0,4088 + 0,7435x$	$R^2 = 0,98$
17) Quadrático	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = 0,7992 + 0,6602x + 0,0012x^2$	$R^2 = 0,98$
18) Potência	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = 0,7212x^{1,0029}$	$R^2 = 0,98$
Modelos gerados com base em 400 folhas não-bandeiras e bandeiras			
19) Linear	Comprimento	$\hat{Y} = - 9,0902 + 1,5073x$	$R^2 = 0,88$
20) Quadrático	Comprimento	$\hat{Y} = - 2,4919 + 0,8920x + 0,0134x^2$	$R^2 = 0,89$
21) Potência	Comprimento	$\hat{Y} = 0,3056x^{1,4041}$	$R^2 = 0,91$
22) Linear	Largura	$\hat{Y} = - 12,8380 + 26,9560x$	$R^2 = 0,47$
23) Quadrático	Largura	$\hat{Y} = - 16,0940 + 31,6110x - 1,6186x^2$	$R^2 = 0,47$
24) Potência	Largura	$\hat{Y} = 13,5900x^{1,6426}$	$R^2 = 0,48$
25) Linear	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = - 0,5138 + 0,7801x$	$R^2 = 0,97$
26) Quadrático	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = - 1,1491 + 0,8206x - 0,0006x^2$	$R^2 = 0,97$
27) Potência	Comprimento $\times$ Largura	$\hat{Y} = 0,6855x^{1,0302}$	$R^2 = 0,97$

Para estimar a área foliar de folhas bandeira podem ser utilizados os modelos linear ( $\hat{Y} = -0,4088 + 0,7435x$ ;  $R^2 = 0,98$ ), quadrático ( $\hat{Y} = 0,7992 + 0,6602x + 0,0012x^2$ ;  $R^2 = 0,98$ ) e potência ( $\hat{Y} = 0,7212x^{1,0029}$ ;  $R^2 = 0,98$ ), em que x representa o produto comprimento  $\times$  largura. Todos esses modelos apresentam validação superior (Tabela 3), ou seja, coeficiente linear não difere de zero, havendo a área foliar real igual à zero, a área foliar estimada também será zero, coeficiente angular não difere de um, com aumento de uma unidade de área foliar real, aumenta-se uma unidade da área foliar estimada, alta correlação e coeficiente de determinação entre a área foliar real e a estimada pelo modelo, bem como os menores valores de EAM e RQME e maiores escores do índice d de Willmott. Os modelos para folhas bandeiras apresentaram ajuste superior em relação aos modelos gerados a partir de folhas não-bandeira.

Souza et al (2013) em seu estudos com desfolha na cultura do trigo, observou redução de 19,26 %, 42,79%, 60,46% para rendimento de grãos, número de grãos do afilho principal e massa de grãos do afilho principal respectivamente com a perda das duas folhas superiores próximas da espiga da planta, desta forma há importante contribuição da folha bandeira para a produtividade em cereais de inverno.

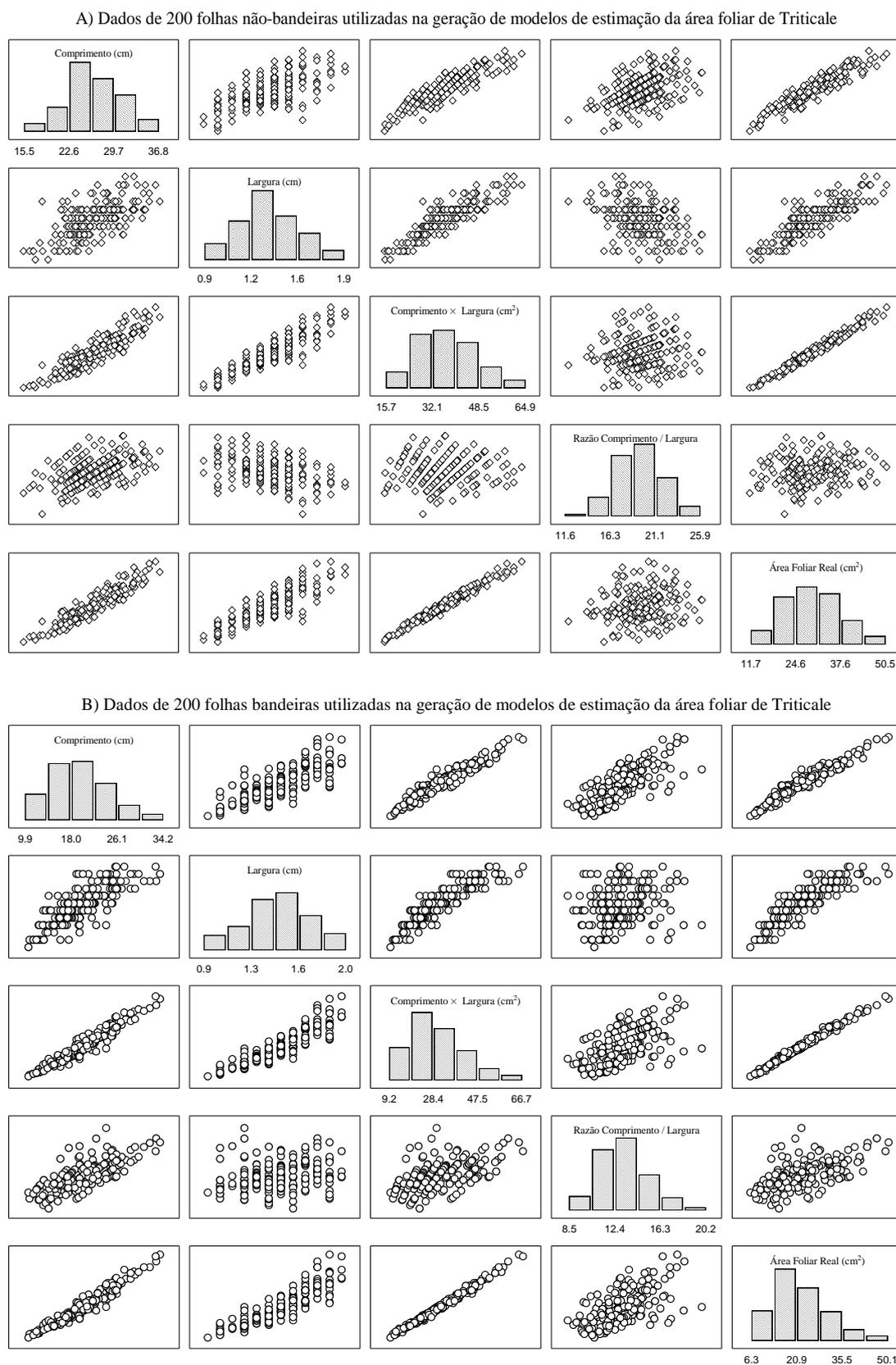
Para estimar a área foliar de folhas não-bandeira e bandeira conjuntamente, podem ser utilizados os modelos linear ( $\hat{Y} = -0,5138 + 0,7801x$ ;  $R^2 = 0,97$ ), quadrático ( $\hat{Y} = -1,1491 + 0,8206x - 0,0006x^2$ ;  $R^2 = 0,97$ ) e potência ( $\hat{Y} = 0,6855x^{1,0302}$ ;  $R^2 = 0,97$ ), em que x representa o produto comprimento  $\times$  largura.

Todos esses modelos apresentam validação superior (Tabela 3), ou seja, coeficiente linear não difere de zero (se a área foliar real for zero, a área foliar estimada também será zero), coeficiente angular não difere de um (se aumentar uma unidade de área foliar real, aumentar-se-á uma unidade da área foliar estimada), alta correlação e coeficiente de determinação entre a área foliar real e a estimada pelo modelo, bem como os menores valores de EAM e RQME e maiores escores do índice d de Willmott. Ressalta-se, contudo que esses modelos foram gerados a partir de folhas bandeira e não-bandeira, sendo que estas apresentam morfologia diferenciada (Tabela 1). Portanto, seria recomendado utilizar modelos específicos para cada tipo de folha.

**Tabela 3.** Coeficientes linear (a), angular (b), de correlação linear de Pearson (r) e de determinação (R<sup>2</sup>) obtidos na regressão linear ajustada entre a área foliar estimada (variável dependente) e a área foliar real (variável independente). Erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e índice d de Willmott (WILLMOTT, 1981) calculados com base nas áreas foliares estimada e real de folhas não-bandeira e bandeira de Triticale (Triticosecale wittmack) Cultivar IPR 111 em função de dimensões lineares das folhas e diferentes tipos de modelos.

Número e Tipo de Modelo	Variável Independente (x)	Indicadores de validação dos modelos						
		a <sup>(1)</sup>	b <sup>(2)</sup>	r <sup>(3)</sup>	R <sup>2</sup>	EAM	RQME	d
Modelos validados com base em 100 folhas não-bandeiras								
1) Linear	Comprimento	1,355 <sup>ns</sup>	0,960 <sup>ns</sup>	0,909*	0,826	2,718	3,252	0,951
2) Quadrático	Comprimento	2,439*	0,920 <sup>ns</sup>	0,913*	0,834	2,554	3,092	0,954
3) Potência	Comprimento	2,613*	0,909*	0,915*	0,838	2,474	3,025	0,955
4) Linear	Largura	7,791*	0,758*	0,840*	0,706	3,327	4,395	0,897
5) Quadrático	Largura	7,808*	0,757*	0,840*	0,706	3,328	4,394	0,897
6) Potência	Largura	7,634*	0,752*	0,839*	0,705	3,275	4,280	0,901
7) Linear	Comprimento × Largura	0,679 <sup>ns</sup>	0,989 <sup>ns</sup>	0,985*	0,971	1,059	1,324	0,992
8) Quadrático	Comprimento × Largura	0,348 <sup>ns</sup>	1,001 <sup>ns</sup>	0,985*	0,971	1,045	1,315	0,992
9) Potência	Comprimento × Largura	0,386 <sup>ns</sup>	0,998 <sup>ns</sup>	0,985*	0,971	1,049	1,310	0,992
Modelos validados com base em 100 folhas bandeiras								
10) Linear	Comprimento	0,084 <sup>ns</sup>	1,003 <sup>ns</sup>	0,959*	0,920	1,821	2,208	0,979
11) Quadrático	Comprimento	1,202*	0,947*	0,965*	0,931	1,610	1,994	0,982
12) Potência	Comprimento	1,315*	0,937*	0,966*	0,934	1,562	1,944	0,982
13) Linear	Largura	1,446 <sup>ns</sup>	0,954 <sup>ns</sup>	0,898*	0,807	2,811	3,577	0,944
14) Quadrático	Largura	2,476*	0,911*	0,899*	0,809	2,742	3,525	0,943
15) Potência	Largura	2,541*	0,891*	0,901*	0,812	2,598	3,393	0,946
16) Linear	Comprimento × Largura	-0,133 <sup>ns</sup>	1,015 <sup>ns</sup>	0,993*	0,987	0,618	0,877	0,997
17) Quadrático	Comprimento × Largura	0,258 <sup>ns</sup>	0,996 <sup>ns</sup>	0,993*	0,986	0,638	0,898	0,996
18) Potência	Comprimento × Largura	0,219 <sup>ns</sup>	0,997 <sup>ns</sup>	0,993*	0,987	0,609	0,865	0,997
Modelos validados com base em 200 folhas não-bandeiras e bandeiras								
19) Linear	Comprimento	-7,341*	1,903*	0,986*	0,973	11,264	13,809	0,746
20) Quadrático	Comprimento	2,305*	0,936*	0,941*	0,886	2,413	3,066	0,966
21) Potência	Comprimento	2,115*	0,937*	0,941*	0,886	2,365	3,018	0,967
22) Linear	Largura	11,597*	0,524*	0,714*	0,510	5,276	6,217	0,807
23) Quadrático	Largura	11,482*	0,528*	0,714*	0,511	5,268	6,207	0,809
24) Potência	Largura	10,544*	0,528*	0,709*	0,504	5,172	6,044	0,816
25) Linear	Comprimento × Largura	0,391 <sup>ns</sup>	0,985 <sup>ns</sup>	0,986*	0,973	1,061	1,392	0,993
26) Quadrático	Comprimento × Largura	0,198 <sup>ns</sup>	0,993 <sup>ns</sup>	0,986*	0,974	1,051	1,383	0,993
27) Potência	Comprimento × Largura	0,314 <sup>ns</sup>	0,986 <sup>ns</sup>	0,986*	0,973	1,066	1,402	0,993

<sup>(1)</sup>\* Coeficiente linear difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não-significativo. <sup>(2)</sup>\* Coeficiente angular difere de um, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não-significativo. <sup>(3)</sup>\* Coeficiente de correlação difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não-significativo.



**Figura 1.** Matriz com histogramas de frequência (na diagonal) e gráficos de dispersão do comprimento (cm), largura (cm), comprimento versus largura (cm<sup>2</sup>), razão entre comprimento e largura (unidades) e área foliar real (cm<sup>2</sup>), 200 folhas não-bandeira (A) e 200 folhas bandeira (B), coletadas aos 93 dias após a semeadura, utilizadas na geração de modelos de área foliar de Triticale (*Triticosecale* Wittmack) Cultivar IPR 111.

## **4 CONCLUSÃO**

A morfologia das folhas não-bandeira e bandeira é distinta. As folhas bandeira em geral apresentam menor comprimento e maior largura e, por consequência, menor razão comprimento / largura. Independentemente do tipo de folha (bandeira ou não-bandeira) e do tipo de modelo (linear, quadrático ou potência), os modelos mais precisos para a estimação da área foliar de triticales são aqueles que utilizam o produto comprimento  $\times$  largura da folha como variável explicativa.

## **5 AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) do Ministério da Educação, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pela concessão de bolsas de iniciação científica, de tutoria e apoio financeiro. A Sementeira Dowich pela concessão de sementes de triticales para fins de pesquisa.

## 6 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. DOI: 10.1590/S0006-87052008000400030
- ALVIM, K. R. de T.; BRITO, C.H. de.; 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**, v.40, p.1017-1022, 2010. DOI: 10.1590/S0103-84782010000500003
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; PERECIN, D. Estimativa da área foliar de *Panicum maximum* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v.19, p.217-221, 2001. DOI: 10.1590/S010083582001000200009
- BRAMBATTI, A. Viabilidade polínica e hibridização genômica *in situ* aplicada ao melhoramento de triticale. 2010. 93 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C. Estimação da área foliar de feijão guandu por dimensões foliares. **Ciência Rural**, v.45, p.1-8, 2015a. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140551
- 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, 2015b. DOI: 10.1590/1678-4499.0388
- 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. DOI: 10.1590/S0006-87052012000100008
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10ª ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2004. 400 p
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Grãos. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v.4, p.1-176, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_03\\_13\\_11\\_27\\_16\\_boletim\\_graos\\_marco\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_13_11_27_16_boletim_graos_marco_2017.pdf)>. Acesso em: 14 de março 2017.

CRISTOFORI, V.; ROUPHAEL, Y.; MENDOZA-DE GYVES, E.; BIGNAMI C. A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements. **Scientia Horticulturae**, v.113, p.221-225, 2007. DOI: 10.1016/j.scienta.2007.02.006

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 353 p. 2013.

FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A.G.; NOVA, N.A.V.; 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. DOI: 10.1590/S0100-204X2002000600005

GALZERANO, L.; MALHEIROS, E. B; MORGADO, E. D. S; SILVA, W. L; COSTA, J. P. R; CAPUTTI, G. D. P; RUGGIERI, A. C. Medidas lineares na estimativa da área foliar do capim-aruaana. **Nucleus Animalium**, v.4, p.79-82, 2012. DOI: 10.3738/1982.2278.733

HINNAH, F. D.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; BORTOLUZZI, M. P. Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares. **Bragantia**, v. 73, p.213-218, 2014. DOI: 10.1590/1678-4499.0083.

MEDCALC SOFTWARE. **Digimizer image analysis software manual**. Belgium, 2015.

MENDOZA-DE GYVES, E.; ROUPHAEL, Y.; CRISTOFORI, V.; ROSANA MIRA, F. A non-destructive, simple and accurate model for estimating the individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). **Fruit**, v.62, p.171-176, 2007. DOI: 10.1051/fruits:2007012

RIVERA, C.M.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; COLLA, G. A simple and accurate equation for estimating individual leaf area of eggplant from linear measurements. **European Journal. Horticultural Science.**, v.72, p.228-230, 2007.

ROUPHAEL, Y.; MOUNEIMNE, A. H.; ISMAIL, A.; MENDOZA-DE GYVES, E.; RIVERA, C. M.; COLLA, G. Modeling individual leaf area of rose (*Rosa hybrida* L.) based on leaf length and width measurement. **Photosynthetica**, v.48, p.9-15, 2010. DOI: 10.1007/s11099-010-0003-x

ROUPHAEL, Y.; RIVERA, C. M.; CARDARELLI, M.; FANASCA, S.; COLLA, G. Leaf area estimation from linear measurements in zucchini plants of different ages. **Journal. Horticultural Science. Biotechnology.** v.81, p.238-241, 2006.. DOI: 10.1080/14620316.2006.11512056

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 gladíolo. **Bragantia**, v.73, p.97-105, 2014. DOI: 10.1590/brag.2014.014

SILVA, W. L.; COSTA, J. P. R.; CAPUTTI, G. D. P.; GALZERANO, L.; RUGGIERI, A.C. Medidas lineares do limbo foliar dos capins xaraés e massai para a estimativa da área foliar. **Revista Biotemas**, v.26, p.11-18, 2013. DOI: 10.5007/2175-7925.2013v26n3p11

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

SOUZA, V. de.;NARDINO, M.;BONATO, G. O.; BAHRY, C. A.; CARON, B. O.; ZIMMER, P. D.;SCHMIDT. D. Desfolha em diferentes estádios fenológicos sobre características agronômicas em trigo. **Bioscience Journal**, v.29, p.1905-1911, 2013.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Cereal Science**, v,57, p453-462, 2013. DOI: 10.1016/j.jcs.2013.01.014

TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S. J.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, T. S. Estimate leaf area of *Crambe abyssinica* for leaf discs and digital photos. **Ciência Rural**, v.40, p. 475-478, 2010. DOI: 10.1590/S0103-84782010000200036

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOOSE, L. H.; HELDWEIN, A. B.; ZANON, A. J. Leaf area of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) according to leaf dimensions. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.2491-2500, 2012a. DOI:10.5433/1679-0359.2012v33n6Supl1p2491

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B. M. Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. **Bragantia**, v. 71, p.37-41, 2012b. DOI: 10.1590/S0006-87052012005000010

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. DOI:1980-6477/rbms.v5n1p58-66

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1981.

WREGE, M. S. et al. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Embrapa Florestas, 2011. 211p.

## ANEXO A.

Dimensões avaliadas das folhas bandeira (a) e não-bandeira (b) de Triticale, comprimento e largura.

