

Número ótimo de ensaios de competição de trigo em diferentes regiões de adaptação

Optimum number of wheat trials in different growing regions

Giovani Benin^{1*} Lindolfo Storck¹ Volmir Sérgio Marchioro^{II}
Francisco de Assis Franco^{II} Diego Maciel Trevizan^I

RESUMO

Este estudo teve por objetivo determinar o número ótimo de ensaios necessários à predição da produtividade de grãos de genótipos de trigo, em diferentes regiões de Valor de Cultivo e Uso (VCU), com vistas à seleção e recomendação de cultivares. Foram usados os dados de produtividade de grãos de 285 ensaios de competição, avaliados em 31 locais, nas safras agrícolas de 2007 a 2011, nas regiões de VCU 1, 2, 3 e 4. Existem diferenças entre as regiões de VCU quanto ao coeficiente de repetibilidade e ao número de ensaios necessários para uma precisão pré-estabelecida. Constatou-se a necessidade de aumentar o número de ensaios nas regiões de VCU 2 e 4 e reduzir o número de ensaios nas regiões de VCU 1 e 3. Nas regiões de VCU 1, 2, 3 e 4, para um nível de precisão de 80%, são necessários 8, 14, 10 e 12 ensaios, respectivamente.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L, interação genótipo x ambiente, repetibilidade, seleção.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the optimal number of tests required to predict the performance of grain yield of wheat genotypes in different regions of Value for Cultivation and Use (VCU), with a view to selecting and recommending cultivars. Grain yield data from 285 field trials at 31 locations in the VCU Regions 1, 2, 3 and 4 in 2007-2011 were used. There are differences among VCU regions with reference to the repeatability coefficient and the number of tests required for a predetermined accuracy. It was noted the need to raise the number of tests VCU regions 2 and 4 and reduce the number of trials in the regions of VCU 1 and 3. In regions VCU 1, 2, 3 and 4, to a level of 80% accuracy, are required 8, 14, 10 and 12 tests, respectively.

Key words: *Triticum aestivum* L, genotype x environment interaction, repeatability, selection.

INTRODUÇÃO

A expressão das características fenotípicas das plantas é governada por fatores genéticos, pelo efeito do ambiente e pela interação genótipo x ambiente (IGA). A IGA constitui a principal dificuldade para a seleção e recomendação de cultivares para grandes regiões geográficas, limitando o progresso genético (MOHAMMADI & POURDAD, 2009; BENIN et al., 2012; SILVA & BENIN, 2012). Isso é bastante evidente no Brasil, onde existem grandes diferenças climáticas entre as regiões produtoras de trigo (BENIN et al., 2013).

Para otimizar a avaliação de linhagens de trigo, o Brasil é dividido em quatro regiões homogêneas de adaptação, denominadas regiões de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Essas divisões foram estabelecidas de acordo com as exigências edáficas e bioclimáticas da cultura do trigo (MAGRIN et al., 1993; CUNHA et al., 2005). Erros de identificação da superioridade de um genótipo, em ensaios de VCU, decorrentes de um insuficiente número de ensaios de avaliação, podem repercutir na adaptabilidade e produtividade do trigo, pois os resultados desses ensaios são usados para a inscrição e recomendação de cultivares. Ensaios de avaliação em excesso podem onerar o custo de manutenção da rede experimental.

A determinação do número de ensaios necessários para que as avaliações sejam consistentes, para uma dada precisão, pode ser feita a partir do

¹Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR), Rodovia PR 469, Km 01, 85501-970, Pato Branco, PR, Brasil. E-mail: benin@utfpr.edu.br. *Autor para correspondência.

^{II}Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola da Nossa Terra (Coodetec), Cascavel, PR, Brasil.

coeficiente de repetibilidade. Este indica a correlação entre as medidas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou no espaço (CRUZ et al., 2004; DOVALE et al., 2011). O número de medições necessárias na previsão do valor real do indivíduo é aquele em que os efeitos temporários do ambiente sobre o caractere tendem a se cancelar (CRUZ et al., 2004; MOHAMMADI & POURDAD, 2009). Assim, a repetibilidade tende a expressar o valor máximo que a herdabilidade pode atingir, pois expressa a variância fenotípica que é atribuída às diferenças genéticas (FERREIRA et al., 2005).

Em ensaios de competição de cultivares, repetidos em diferentes anos, épocas e locais de cultivo, quanto maior a proporção da variância total explicada pelo genótipo, em relação às modificações atribuídas ao ambiente, maior deverá ser o coeficiente de repetibilidade. Assim, a repetibilidade (de resposta dos genótipos) pode ser atenuada diante da existência da interação entre os genótipos e os diferentes ambientes (CRUZ et al., 2004; DOVALE et al., 2011). Nesse contexto, é possível que dentro de cada região de VCU de trigo ocorram diferentes padrões de IGA, demandando diferentes números de ensaios para que se consiga uma adequada precisão de avaliação.

Estimativas de coeficientes de repetibilidade foram obtidas para diferentes culturas perenes: alfafa (SOUZA-SOBRINHO et al., 2004), cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2004), banana (TENKOUANO et al., 2012) e, em culturas anuais: tomateiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004) e feijoeiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006). Em relação à cultura do trigo, não há referências na literatura nacional ou internacional com o emprego de análises de repetibilidade.

O objetivo deste trabalho foi determinar o número de medições (ensaios) necessárias à predição do desempenho de genótipos de trigo, quanto à produtividade de grãos, em diferentes regiões de valor de cultivo e uso.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados os dados de produtividade de grãos de 285 ensaios de competição de genótipos de trigo, avaliados em 31 locais, nas safras agrícolas de 2007 a 2011, em quatro regiões de Valor de Cultivo e Uso (VCU 1, 2, 3 e 4), conforme classificação na tabela 1. A rede de ensaio foi conduzida pelo programa de melhoramento de trigo da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC).

Todos os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela constituiu-se de seis linhas de

Tabela 1 - Número de ensaios (NE) avaliados em diferentes regiões de Valor de Cultivo e Uso de trigo (*Triticum aestivum*) e respectivos municípios, no período de 2007 a 2011.

Região	NE	Municípios
1	67	Campos Novos, Castro, Cruz Alta, Guarapuava, Lagoa Vermelha, Não-Me-Toque e Vacaria.
2	103	Abelardo Luz, Cachoeira do Sul, Campo Mourão, Cascavel, Itabera, Santa Rosa, Santo Augusto, São Luiz Gonzaga e Taquarivai.
3	100	Arapongas, Assis, Dourados, Goioere, Maracaju, Palmital, Palotina, Ponta Porã, Rolândia e Umuarama.
4	15	Catalão, Cristalina, Luziania, Paracatu e São Gotardo.
Geral	285	Os 31 municípios relacionados acima

5,0m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20m, perfazendo uma área de 6,0m². Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Na maturação, procedeu-se à colheita e foi avaliada a massa de grãos de trigo em cada parcela e, posteriormente, estimada a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) corrigida a 13% de umidade.

Para a formação dos diferentes grupos de ensaios, por região de valor de cultivo e uso (VCU 1, 2, 3 e 4), foram identificados aqueles ensaios com os mesmos 25 genótipos, avaliados em diferentes ambientes (locais da mesma região e do mesmo ano). Assim, para a região VCU 1, para o ano de 2007, por exemplo, foram identificados nove ensaios com os mesmos 25 genótipos; para o ano de 2008, nesta mesma região de VCU 1, foram identificados 16 ensaios, sendo oito de uma coleção de genótipos e outros oito com outra coleção de genótipos (Tabela 2). Da mesma forma, procedeu-se à formação dos grupos para os demais anos e regiões de VCU.

Ainda, ignorando a classificação por regiões de VCU, foram identificados aqueles ensaios com os mesmos 25 genótipos, avaliados em diferentes locais dentro de cada ano, formando os grupos no conjunto (última coluna da tabela 2). No ano de 2007, por exemplo, identificaram-se 52 ensaios com 25 genótipos, resultante de três grupos de ensaios com 19, 14 e 19 ensaios por grupo, que compartilharam os mesmos genótipos. Da mesma forma, procedeu-se à formação dos grupos para os demais anos. No total, foram identificados 42 grupos de ensaios, classificados por região e ano, e 17 grupos de ensaios no conjunto.

Tabela 2 – Número de ensaios (medições) por grupo de genótipos de trigo, em diferentes anos e regiões de valor de cultivo e uso e no conjunto das regiões, número de grupos e média do número de ensaios por grupo (Média N).

Ano	-----Região*-----				Conjunto
	1	2	3	4	
2007	9	6	9	4	19
		6	10	4	14
			4		19
2008	8	9	3	-	20
	8	6	11		17
		9	11		17
		5			16
2009	7	9	3	4	19
	8	8	10		14
		6	10		16
				16	
2010	7	6	9	3	17
		10	8		17
		7			16
2011	7	5	4	-	16
	7	5	4		16
	6	6	4		16
Número de grupos	9	15	14	4	17
Média N	7,4	6,9	7,1	3,8	16,8

*Conforme especificação na tabela 1.

Para cada grupo de ensaios (classificado por região ou no conjunto), procedeu-se à análise de variância conjunta e obteve-se a estimativa do teste de F para interação entre genótipos x ambientes (Fc) e o valor-p do teste de hipótese. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{\rho}$), para cada grupo de ensaios, foram calculadas pelo método da análise de variância (CRUZ, 2006). O número mínimo de medições (J) necessárias para prever o valor real dos indivíduos, com base nos coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos ($R^2=0,80$ e $R^2=0,90$), foi calculado conforme descrito por CRUZ (2006).

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição das estatísticas média de produtividade de grãos (Prod), $\hat{\rho}$, R^2 e J para $R^2=0,80$ (J80) e $0,90$ (J90), considerando os 42 grupos de ensaios classificados por região e também os 17 grupos de ensaios no conjunto. Também foi estimado o coeficiente de correlação linear entre essas estatísticas. Para cada uma das estatísticas, as médias obtidas em cada

região de VCU foram comparadas pelo teste t (valor-p=0,05). As análises foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2006) e a planilha Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da produtividade média de grãos da estimativa do teste de F para interação entre genótipos x ambientes (Fc), do coeficiente de repetibilidade ($\hat{\rho}$), do coeficiente de determinação (R^2) e do número de repetições para $R^2=0,80$ (J80) e $R^2=0,90$ (J90), para os 42 grupos de ensaios nas regiões VCU 1 a 4 e nos 17 conjuntos, seguem distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (valor-p>0,232). Isso indica que é razoável a aplicação de testes de hipóteses e estimação por intervalo, em relação a esses valores, usando a distribuição t.

Os coeficientes de correlação linear entre a média de produtividade de grão (Prod) e as estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{\rho}$) para os 42 grupos de ensaios ($r = -0,012$) e para os 17 conjuntos de ensaios ($r = -0,006$) foram baixos e não significativos pelo teste t. Da mesma forma, não foram significativas as correlações lineares entre a Prod e R^2 , J80 e J90. A independência entre Prod e $\hat{\rho}$ é uma propriedade importante para o planejamento dos ensaios conduzidos em regiões com condições ambientais distintas. Isso indica que o nível de manejo da cultura, que determina a produtividade, não interfere no número de ensaios necessários para avaliar um grupo de genótipos. No entanto, ignorando as regiões, avaliando-se os 17 conjuntos, com o aumento da Prod, observa-se uma redução significativa ($r = -0,547$; valor-p<0,05) na magnitude da interação entre genótipos x ambientes (Fc). Este fato pode ser explicado pela maior amplitude de variação entre as médias de produtividade dos diferentes ambientes (regiões de VCU). Em ambientes marginais ao desenvolvimento da cultura (e com menor média de produtividade), a ocorrência de estresses bióticos (pragas, doenças, plantas daninhas, etc.) e abióticos (radiação, temperatura, umidade, excesso ou deficiência hídrica, etc.) promovem uma maior magnitude da interação genótipo x ambiente, com conseqüente maior instabilidade do desempenho genotípico e menor repetibilidade do rendimento de grãos.

A região VCU 3, comparada às demais, tem a menor produtividade média (Tabela 3). A maior produtividade é a da região VCU 4 e as regiões VCU 1 e 2 não diferem entre si. A produtividade mais elevada

Tabela 3 - Número de grupos de ensaios (n), média para a produtividade de grãos de trigo (Prod, t ha⁻¹), média da estimativa do teste de F para interação entre genótipos x ambientes (Fc), coeficiente de repetibilidade ($\hat{\rho}$), coeficiente de determinação (R²) e número de ensaios para R²=0,80 (J80) e R²=0,90 (J90), obtido pelo método da análise de variância, por região de Valor de Cultivo e Uso, média no geral (MG) e no conjunto com limites do intervalo de confiança (\pm IC) a 0,95 de probabilidade.

Região*	n	Prod	Fc	$\hat{\rho}$	R ²	J80	J90
1	9	3,687 b ⁽¹⁾	3,48 a	0,375 a	79,3 a	8,0 a	18,1 a
2	15	3,403 b	3,25 a	0,259 b	67,6 bc	13,8 b	31,1 b
3	14	3,105 c	3,53 a	0,327 ab	72,5 ab	10,1 ab	22,6 ab
4	4	4,319 a	3,46 a	0,279 ab	57,5 c	12,1 ab	27,1 ab
MG	42	3,452±0,163	3,41±0,33	0,308±0,037	70,8±4,0	11,2±2,0	25,1±4,4
Conjunto	17	3,409±0,150	3,44±0,34	0,274±0,050	84,4±3,8	12,6±3,4	28,3±7,7

*Conforme descrito na Tabela 1; ⁽¹⁾ Regiões de Valor de Cultivo e Uso com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste t (valor-p=0,05).

na região de VCU 4 deve-se à adoção de manejos mais intensivos, associado ao uso de irrigação. Diferenças no potencial de rendimento de trigo entre regiões de VCU também têm sido observada por outros autores (CAIERÃO et al., 2006; FRANCESCHI et al., 2010; SILVA et al., 2011). O maior rendimento médio de grãos observado na região de VCU 1 (comparado às regiões de VCU 3) é justificável, pois a maior altitude desta região está relacionada a um mais elevado quociente fototermal (QF), o que possibilita maior duração das fenofases da cultura e maior diferenciação de afilhos e primórdios florais (FISCHER, 1985; CUNHA et al., 2005). A amplitude de variação ambiental e de manejo entre as regiões de VCU inflacionam a magnitude da IGA, indicando que o planejamento de ensaios e a obtenção de estimativas de repetibilidade, para a avaliação e recomendação de cultivares, devem ser regionalizadas.

A afirmação de que a maior interação genótipo x ambiente pode atenuar a estimativa do coeficiente de repetibilidade (CRUZ et al., 2004) não foi comprovada neste estudo. Para os 42 grupos de ensaios (menor número de ambientes) e para os 17 conjuntos (maior número de ambientes), a associação entre o coeficiente de repetibilidade ($\hat{\rho}$) e o valor do teste F para interação genótipo x ambiente (Fc) foi praticamente nula (r=-0,10 grupos; r= -0,04 conjuntos). Assim, pode-se inferir que a ausência da relação ($\hat{\rho}$ com Fc) facilita o planejamento quanto ao número de ensaios por região. O descarte de ambientes de baixa produtividade, causadores de maior Fc, não afetaria $\hat{\rho}$ e, por consequência, não afetaria o número de ensaios a serem executados em cada região.

O coeficiente de repetibilidade na região VCU 1 (média = 0,375) é significativamente (valor-p = 0,05) maior do que o da região VCU 2 (média = 0,259) e, por consequência, o menor número de repetições (ensaios) também difere,

variando entre oito (8,0 na VCU 1) e quatorze (13,8 na VCU 2), para R² = 0,80 (Tabela 3). A média do coeficiente de repetibilidade referente aos 42 grupos de ensaios é igual a 0,308, variando entre os limites inferior de 0,271 (0,308-0,037) e superior de 0,345 (0,308+0,037), com 0,95 de confiança. O número de ensaios (medidas) necessários para uma precisão de R²=0,80 foi igual a 11,2±2,0. Coeficiente de repetibilidade $\hat{\rho} > 0,60$ corresponde à repetibilidade alta, $0,30 < \hat{\rho} < 0,60$ corresponde à repetibilidade média e $\hat{\rho} < 0,30$ corresponde à repetibilidade baixa (RESENDE, 2002). Neste caso, repetibilidade estimada nas diferentes regiões está nos limites entre a repetibilidade média e baixa.

Para culturas de cereais, repetibilidade baixa ($\hat{\rho} = 0,29$) foi relatada para massa de grãos de feijoeiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006). Como a análise de repetibilidade foi, inicialmente, desenvolvida para plantas perenes ou de múltiplas colheitas, a maioria dos resultados são com relação a elas. Valores de $\hat{\rho}$ variando de baixos a altos são relatados: $\hat{\rho} = 0,42$ para matéria seca de alfafa (SOUZA-SOBRINHO et al., 2004); $\hat{\rho} = 0,44$ para massa de colmo de cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2004); $\hat{\rho} = 0,68$ para massa de frutos de banana (TENKOUANO et al., 2012); e $\hat{\rho} = 0,30$ para massa de frutos de tomateiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004). Esses valores são de natureza distinta e não se pode generalizar, pois foram elaborados sem repetição. Neste trabalho, considerando a existência de repetições por região de VCU e no conjunto, foi possível obter estimativas por ponto e por intervalo (valor-p=0,05) para o número de ensaios, em uma precisão pré-estabelecida.

Ignorando-se a classificação por regiões, tem-se 17 grupos com média de 16,8 ensaios por grupo (Tabela 2). Nessa condição, o número de ensaios (medidas) necessários para uma precisão de R²=0,80

foi igual a $12,6 \pm 3,4$, indicando uma disponibilidade de ensaios 33% maior do que o necessário. Entretanto, a sobra de ensaios no conjunto (ignorando as regiões) não é suficiente para compensar a falta de ensaios por região, para um mesmo número total de ensaios (285 ensaios). Dessa forma, é plausível planejar a avaliação dos genótipos por região de VCU com distribuição do número total de ensaios em cada ano proporcional ao número de ensaios necessários para uma dada precisão (J80 ou J90, Tabela 3).

Considerando que há 285 ensaios divididos em 42 grupos de mesmos genótipos, tem-se $285/42 = 6,8$ ensaios por grupo, o que é equivalente a 61% dos 11,2 necessários para uma precisão de $R^2 = 80\%$. No entanto, há variações entre as regiões de VCU, de tal forma que se tem 7,4/8,0 ou 92,5% da proporção necessária na região VCU 1; 6,9/13,8, que corresponde a 50% da proporção necessária na região VCU 2; 7,1/10,1 ou 70% da proporção necessária na região VCU 3 e 3,8/12,1 ou 31% da proporção necessária na região VCU 4. Mantendo fixo o número total de ensaios, constata-se a necessidade de aumentar o número de ensaios nas regiões de VCU 2 e 4 e reduzir o número de ensaios nas regiões de VCU 1 e 3.

CONCLUSÃO

Há diferenças entre as regiões de valor de cultivo e uso de trigo quanto ao coeficiente de repetibilidade e ao número de ensaios necessários para uma precisão pré-estabelecida. Mantendo fixo o número total de ensaios, deve-se aumentar o número de ensaios nas regiões de VCU 2 e 4 e reduzir o número de ensaios nas regiões de VCU 1 e 3.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Edital 6/2012, PVNS). À Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), por disponibilizar os dados para este estudo.

REFERÊNCIAS

- BENIN, G. et al. Análises biplot na avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo. **Bragantia**, v.71, p.28-36, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n1/05.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0006-87052012000100005.
- BENIN, G. et al. Precisão experimental de ensaios de trigo em regiões homogêneas de adaptação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.365-372, 2013. Acesso em: 02 jun. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2013000400003.
- CAIERÃO, E. et al. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, v.36, p.1112-1117, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n4/a11v36n4.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782006000400011.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número de colheitas e comparação de genótipos de tomateiro cultivados em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.953-959, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n10/22316.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2004001000002.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número necessário de experimentos para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.36, p.1701-1709, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n6/a06v36n6.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782006000600006.
- CRUZ, C.D. **Programa genes**: biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382p.
- CRUZ, C.D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480p. V.1.
- CUNHA, G.R. et al. Variabilidade temporal e espacial do quociente fototermal no Rio Grande do Sul e suas implicações para a expressão do potencial de rendimento de grãos de trigo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, p.91-101, 2005.
- DOVALE, J.C. et al. Repeatability and number of growing seasons for the selection of custard apple progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p.59-65, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cbab/v11n1/v11n1a08.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S1984-70332011000100008.
- FERREIRA, A. et al. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.761-767, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n8/a05v40n8.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2005000800005.
- FISCHER, R.A. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.447-461, 1985. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/abstract_S0021859600056495>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1017/S0021859600056495.
- FRANCESCHI, L. et al. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, v.69, p.797-805, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n4/v69n4a04.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0006-87052010000400004.
- MAGRIN, G.O. et al. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.67, p.29-41, 1993. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016819239390048M>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1016/0168-1923(93)90048-M.
- MOHAMMADI, R.; POURDAD, S.S. Estimation, interrelationships and repeatability of genetic variability parameters in spring safflower using multi-environment trial data. **Euphytica**, v.165, p.313-324, 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/>>

article/10.1007%2Fs10681-008-9789-z?LI=true>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1007/s10681-008-9789-z.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

SANTOS, M.S.M. et al. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.301-306, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n4/20437.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2004000400001.

SILVA, R.R.; BENIN, G. Análises biplot: conceitos, interpretações e aplicações. **Ciência Rural**, v.42, p.1404-1412, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n8/a23912cr5918.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782012000800012.

SILVA, R.R. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1439-1447, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n11/v46n11a04.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2011001100004.

SOUZA-SOBRINHO, F. et al. Estimativas de repetibilidade para produção de matéria seca em alfafa. **Ciência Rural**, v.34, p.531-537, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n2/a30v34n2.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782004000200030.

TENKOUANO, A. et al. Repeatability and optimum trial configuration for field-testing of banana and plantain. **Scientia Horticulturae**, v.140, p.39-44, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423812001562>>. Acesso em: 08 mar. 2013. doi: 10.1016/j.scienta.2012.03.023.