

Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo de linhagens de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) no Rio Grande do Sul

Genotype x environment interaction on the productive performance of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) in Rio Grande do Sul

Gabriel Almeida Aguiar¹, Eduardo Anibele Streck², Paulo Herinque Karling Facchinello³, Carolina Goulart⁴, Lais Perin⁵, Ariano Martins de Magalhães Junior⁵

Resumo: As condições de cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, proporcionam respostas distintas de um determinado genótipo, decorrente da interação genótipos x ambientes significativa e conseqüentemente no desempenho produtivo da cultura. O trabalho teve por objetivo avaliar a adaptabilidade e a estabilidade produtiva de linhagens elite de arroz irrigado do programa de melhoramento da Embrapa, para fins de recomendação nas regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, utilizando a metodologia proposta por EBERHART e RUSSELL (1966). O trabalho foi conduzido a campo nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14, em quatro locais, sendo todos localizados no Rio Grande do Sul: Alegrete, Capão do Leão, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana, utilizando 17 genótipos. A produtividade média de grãos geral alcançada pelos genótipos foi de 8.958 kg ha⁻¹, evidenciando o bom potencial para produtividade destes genótipos. Com os resultados obtidos foi possível destacar que o modelo utilizado permite discriminar os genótipos de acordo com as condições de cultivo tanto favoráveis quanto desfavoráveis. As melhores linhagens para os ambientes desfavoráveis de cultivo, foram AB09007 e AB11502, apresentando elevado rendimento de grãos e adaptabilidade específica nesse ambiente, porém, com baixa previsibilidade. A linhagem AB10589, de potencial genético produtivo alto e de baixa estabilidade fenotípica, demonstrou uma adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, sendo o genótipo mais responsivo a melhoria do ambiente, permitindo assim recomendar este genótipo para agricultores que dispõem de alta tecnificação e condições de cultivo favoráveis.

Palavras-chave: adaptabilidade, estabilidade, melhoramento genético

Abstract: The conditions of irrigated rice cultivation in Rio Grande do Sul provide different responses of a determined genotype, resulting from the significant genotypes x environments interaction and consequently on the productive performance of the crop. The objective of this work had to evaluate the adaptability and stability the productive of elite lines of irrigated rice in the breeding program of Embrapa, for the purpose of recommending them in the rice regions of Rio Grande do Sul, using the methodology proposed by EBERHART and RUSSELL (1966). The work was performed in the field in the agricultural years of 2012/13 and 2013/14, in four locations, all of them located in Rio Grande do Sul: Alegrete, Capão do Leão, Santa Vitória do Palmar and Uruguaiana, using

17 genotypes. The average grain yield observed for the genotypes was 8.958 kg ha⁻¹, indicating the good yield potential for this genotypes pool. Based on the obtained results it was possible to highlight that the model used allows the discrimination of genotypes according to growing conditions as favorable and unfavorable. The best lineages for unfavorable growing environments, were AB09007 and AB11502, presenting high grain yield and specific adaptability in this environment, but with low predictability. The lineage AB10589, of high yield genetic potential and low phenotypic stability showed a specific adaptability to favorable environments, being the genotype that responded the most to an improve in the environment, allowing one to recommend this genotype to farmers with high technification and favorable growing conditions .

Key words: adaptability, stability, plant breeding

Introdução

O arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas de grande importância socioeconômica para o Rio Grande do Sul, sendo cultivado em várias regiões edafoclimáticas do estado com características muito diversificadas, principalmente quanto ao tipo, a fertilidade do solo e a fatores meteorológicos como temperatura do ar, do solo, variação na amplitude térmica e na radiação solar.

Essas heterogeneidades nas condições de cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, proporcionam respostas distintas de um determinado genótipo, decorrente da interação genótipos x ambientes significativa (G x E) que afeta particularmente características de herança quantitativas, e conseqüentemente no desempenho produtivo da cultura.

A seleção de genótipos com elevada produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento. No entanto, esse processo é particularmente trabalhoso e complexo, sendo dificultoso para os melhoristas a identificação de linhagens geneticamente superiores, em razão da interação do genótipo com o ambiente. Segundo CARVALHO et al. (2004), o efeito da interação genótipos x ambientes (G x E) tende a ocasionar dificuldades para o melhoramento de plantas, pois indica a inconsistência da superioridade do genótipo com relação a variância de ambiente.

A alternativa adotada nos programas de melhoramento genético para diminuir o efeito da interação genótipo x ambiente (G x E), é através da avaliação das linhagens em uma rede de experimentos. Sendo esses, conduzidos em vários anos e ambientes representativos das regiões edafoclimáticas de cultivo. Esse procedimento é fundamental para proporcionar maior confiabilidade na identificação e recomendação de novas cultivares (SUDARIC et al., 2006).

Mediante as análises de adaptabilidade e estabilidade, torna-se possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ et al., 2012).

Atualmente, há várias metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade, designadas à avaliação de um grupo genótipos. Entre essas, a desenvolvida por EBERHART e RUSSELL (1966) é uma das mais utilizadas em inúmeros trabalhos em várias culturas, pois é de simples estimação e interpretação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, além da produtividade em uma única análise.

Para esses autores, uma cultivar ideal apresenta produção com média alta, coeficiente de regressão igual a um ($\beta_i = 1$), isto é, ampla adaptabilidade e com desvio de regressão o menor possível ($\delta_{ij} = 0$), ou seja, possui um comportamento altamente previsível. Uma vantagem deste método, é que ele considera cada ensaio como um ambiente, independentemente da safra agrícola ou sistema de cultivo (SILVA; DUARTE et al., 2006).

Esse método, presume uma relação linear simples entre o comportamento de cada genótipo e as variações de ambiente. Métodos baseados em coeficientes de regressão, são eficientes na discriminação de genótipos produtivos com ampla adaptabilidade (OLIVEIRA et al., 2006).

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a adaptabilidade e a estabilidade produtiva de linhagens elite de arroz irrigado do programa de melhoramento da Embrapa, para fins de recomendação nas regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, utilizando a metodologia proposta por EBERHART e RUSSELL (1966).

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014, em quatro locais distintos, sendo todos localizados no Rio Grande do Sul: Alegrete (Região da Campanha), Capão do Leão (Região Sul), Santa Vitória do Palmar (Região Sul) e Uruguaiana (Fronteira Oeste), sendo então representados por A1, A2, A3 e A4, para estes locais, respectivamente, no ano 2012/2013, e A5, A6, A7 e A8 para os mesmos locais, no ano agrícola 2013/2014.

Foram avaliados dezessete genótipos de arroz irrigado neste trabalho, sendo quinze linhagens desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa (AB12004, AB11039, AB11041, AB11502, AB11503, AB11514, AB11544, AB11547, AB11540, AB101027, AB09007, AB09023, AB10589, AB11002 e AB12101) e duas testemunhas a cultivar BRS 7 "Taim" e IRGA 417. Todos esses genótipos avaliados apresentam grão tipo longo fino (agulhinha) e padrões culinários adequados ao mercado consumidor.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela constituiu-se de 6 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,20 m entre linhas. A área útil da parcela foi composta por 4 m centrais das 4 linhas internas, de modo a, eliminar algum efeito indesejável incidente sobre a bordadura, resultando em uma área útil da parcela de 3,2 m².

A densidade de semeadura aplicada foi equivalente a 100 kg ha⁻¹, utilizando-se uma semeadora mecânica de parcelas, sob sistema de plantio direto. A adubação de base foi de acordo com a análise de solo correspondente a cada local segundo o manual de adubação e calagem para RS e SC (CQFS, 2004) e a nitrogenada de cobertura, foi de 90 kg ha⁻¹ na forma de uréia, sendo aplicado 50% da dose no estágio V4 (afilhamento) e o restante no estágio R0 (iniciação da panícula). O controle de plantas daninhas do experimento foi realizado através de aplicação de herbicidas recomendados para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2012).

Os grãos foram colhidos manualmente quando atingiram uma umidade média de 22%, em seguida foi realizado a trilha e posteriormente foram acondicionados em um secador de grãos para redução da umidade até aproximadamente 13% , quando se determinou a produtividade de grãos.

Os ambientes avaliados foram constituídos por cada local instalado o experimento individualmente, recebendo manejo similar em todos os locais. Após a análise variância conjunta, foram determinados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, segundo a metodologia proposta por EBERHART e RUSSELL (1966), que se baseia no modelo de regressão linear da produtividade de cada genótipo com as variações ambientais, quer seja: $Y_{ij} = \mu_i + \beta_i l_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ij}$, em que Y_{ij} é a média de produtividade do genótipo i , no ambiente j ; μ_i representa a média geral do genótipo, em todos os ambientes; β_i corresponde ao coeficiente de regressão linear da resposta do genótipo i a todos os ambientes; l_j é o índice ambiental; δ_{ij} corresponde aos desvios de regressão do genótipo i , no ambiente j ; e ϵ_{ij} é o resíduo da regressão do genótipo i , no ambiente j .

Todas as análises experimentais foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional em genética quantitativa e estatística experimental, GENES (CRUZ, 2013).

Resultados e Discussão

A análise da variância conjunta, baseada nos dados de produtividade média de 17 genótipos de arroz irrigado em 8 ambientes do Rio Grande do Sul nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, encontra-se na Tabela 1. Os efeitos de interação G x E foram significativos, evidenciando diferenças no comportamento destes genótipos frente às oscilações de ambiente.

Esse fato, apresenta grande relevância na condução do programa de melhoramento genético, pois os ambientes avaliados afetam diretamente a expressão dos genótipos de arroz irrigado de forma desigual. Desta forma, a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade assumem uma grande importância tanto para o agricultor quanto para o melhorista.

Tabela 1. Análise de variância conjunta para a produtividade média de grãos (kg ha^{-1}) de 17 genótipos de arroz irrigado em oito ambientes do Rio Grande do Sul.

FV	GL	SQ	QM
Bloco (B)	2	74.848,10	37.424,05 ^{ns}
B x Ambiente (E)	14	9.576.833,82	684.059,56 ^{ns}
Genótipo (G)	16	94.220.288,25	5.888.768,06 ^{**}
Ambiente (E)	7	427.549.805,72	61.078.543,67 ^{**}
G x E	112	344.605.729,94	3.076.836,87 ^{**}
Resíduo	256	131.209.610,74	512.537,54
Média (kg ha^{-1})		8.958	
CV(%)		7.99	

^{ns} Não significativo. ^{**} Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F

As causas das interações são atribuídas aos fatores fisiológicos e bioquímicos específicos a cada constituição genética dos genótipos cultivados. Como os genótipos se desenvolvem em sistemas agrícolas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a maturação, existe geralmente um comportamento diferenciado dos mesmos em termos de resposta às variações ambientais (CRUZ, 2004). Segundo VENCOVSKY e BARRIGA (1992), quanto mais avançado o programa de melhoramento de uma espécie, mais tende-se a capitalizar essas interações.

A produtividade média de grãos obtida pelos genótipos, considerando todos os ambientes de cultivo foi de 8.958 kg ha^{-1} , evidenciando o bom potencial genético para produtividade destes genótipos (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade média de grãos (kg ha^{-1}) de 17 genótipos de arroz irrigado avaliada em oito ambientes distintos, considerando a média geral entre genótipos dentro de ambientes (Y.j.), ambientes dentro de genótipos (Y.i.) e o índice de ambiente (Ij).

Genótipos	Ambientes								Y.i.
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
BRS 7 Taim	9.804aB	9.514aB	7.149bC	11.863bA	8.894aB	8.210cC	9.034bB	7.793cC	9.033
IRGA 417	9.275aA	8.673aA	7.167bA	8.343dA	9.296aA	8547bA	7.687cA	9.273bA	8.533
AB12004	9.274aB	9.974aB	6.608cC	12.563bA	9.251aB	8.726bB	6.600dC	8.911cB	8.989
AB11039	9.264aA	7.859bB	7.296bB	10.616cA	9.539aA	7.788cB	8.363cB	8.157cB	8.611
AB11041	7.181bE	10.291aB	6.595cE	12.190bA	9.477aC	9.234bC	7.034dE	8.590cD	8.824
AB11502	10.240aA	7.482bC	8.853aB	10.518cA	8.451bB	9.534bA	10.258aA	9.535bA	9.359
AB11503	9.471aB	8.691aC	7.681bC	11.466bA	9.669aB	8539bC	7.971cC	7.777cC	8.908
AB11514	9.260aB	7.682bB	7.460bB	12.390bA	8.456bB	7.921cB	7.149dB	8.079cB	8.550
AB11544	9.711aB	7.760bC	7.330bC	11.246bA	8.531bC	8.686bC	7.769cC	8.969cC	8.751
AB11547	7.824bC	8.791aB	6.881cC	12.442bA	8.422bB	7.464cC	6.997dC	9.345bB	8.521
AB11540	10.186aA	8.711aB	6.038cC	10.999bA	8.924aB	8.367cB	7.076dC	8.380cB	8.585
AB101027	7.926bB	8.899aA	7.889bB	9.496cA	8.531bB	9.303bA	9.509bA	7.908cB	8.683
AB09007	10.931aA	7.869bC	9.191aB	10.495cA	9.392aB	7.763cC	9.628bB	9.750bB	9.378
AB09023	9.946aB	7.947bC	8.555aC	11.704bA	9.267aC	7.664cC	7.950cC	10.490aB	9.191
AB10589	10.618aC	9.212aC	8.781aC	13.496aA	10.150aC	10.736aC	9.725bC	11.755aB	10.559
AB11002	7.544bC	8.929aB	7.787bC	13.754aA	7.296cC	7.406cC	8.164cC	9.554bB	8.805
AB12101	10.932aA	8.848aC	8.760aC	8.409dC	9.546aB	6.379cD	8.509cC	10.716aA	9.013
Y.j.	9.376	8.655	7.648	11.294	9.005	8.369	8.201	9.117	8.958
Ij	417,7	-303,3	-1309,7	2335,5	47,4	-589,5	-756,6	158,5	
CV(%)	9,14	9,77	7,55	8,23	6,89	7,98	6,65	9,50	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. A1= Alegrete (2012/13), A2= Capão do Leão (2012/13), A3= Santa Vitória do Palmar (2012/13), A4= Uruguiana (2012/13), A5= Alegrete (2013/14), A6= Capão do Leão (2013/14), A7= Santa Vitória do Palmar (2013/14) e A8= Uruguiana (2013/14).

Conforme os dados da Tabela 2, as linhagens AB10589 (10.559 kg ha⁻¹), AB09007 (9.378 kg ha⁻¹), AB11502 (9.359 kg ha⁻¹) e AB09023 (9.191 kg ha⁻¹) destacaram-se positivamente, expressando rendimentos médios de grãos superiores à melhor testemunha BRS 7 "Taim" (9.033 kg ha⁻¹). Os dados de produtividade apresentaram boa precisão experimental, com coeficiente de variação de 6,65% a 9,77%, em Santa Vitória do Palmar na safra 2013/14 e em Capão do Leão 2012/13, respectivamente.

Os ambientes analisados, apresentaram amplo espectro de variação no que tange aos índices de ambientes, desde -1309,7 (ambiente desfavorável) a 2335,5 (ambiente favorável). Esse fato, proporciona uma classificação destes ambientes como discrepantes, porém, representativos das áreas agrícolas a que se destinam as novas e promissoras cultivares de arroz irrigado. Sendo, fundamental este tipo de estudo de interação genótipo x ambiente (G x E) para auxiliar na seleção e na recomendação de genótipos com características estáveis num determinado ambiente agrícola.

Os seguintes ambientes apresentaram rendimento médio de grãos acima da média geral: A1 com produtividade média 9.376 kg ha⁻¹ e A5 com média 9.005 kg ha⁻¹, correspondente ao município de Alegrete e A4 com produtividade média 11.294 kg ha⁻¹ e A8 com média 9.117 kg ha⁻¹ referente a Uruguaiiana. Cabe-se ressaltar, que nos dois anos agrícolas estudados, as linhagens AB11039 em Alegrete e a AB11502 em Uruguaiiana fizeram parte do agrupamento dos genótipos com superior produtividade média de grãos, nesses ambientes favoráveis. Sendo que, normalmente estes ambientes encontram-se nas regiões de maior produtividade de arroz irrigado do Rio Grande do Sul.

No entanto, para os ambientes desfavoráveis, a linhagem AB101027 foi a que demonstrou melhor desempenho produtivo. Encontrando-se no agrupamento dos genótipos mais produtivo no ambiente do Capão do Leão em ambas as safras analisadas. Já, no município de Santa Vitória do Palmar, pertenceu ao segundo agrupamento mais produtivo no ano agrícola de 2012/13 e ao mais produtivo na safra 2013/14, com um rendimento médio de grãos de 7.889 kg ha⁻¹ e 9.509 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 3. Produtividade média de grãos (kg ha^{-1}), estimativas dos parâmetros de adaptabilidade (β_i), estabilidade fenotípica (δ_{ij}) e o coeficiente de determinação (R^2) de 17 genótipos de arroz de irrigado, em oito ambientes distintos construídos por quatro locais em dois anos agrícolas.

Genótipo	Média	β_i	δ_{ij}	$R^2(\%)$
BRS 7 Taim	9.033	0,735 ^{ns}	-81193,19 ^{ns}	94,30
IRGA 417	8.533	0,565*	347309,44*	59,16
AB12004	8.989	1,581*	752735,41**	80,31
AB11039	8.611	0,803 ^{ns}	173270,58 ^{ns}	75,48
AB11041	8.824	1,215 ^{ns}	1555284,61**	55,78
AB11502	9.359	0,349*	300477,63*	49,12
AB11503	8.908	0,797 ^{ns}	60057,72 ^{ns}	82,93
AB11514	8.550	1,318 ^{ns}	-107734,23 ^{ns}	99,19
AB11544	8.751	1,131 ^{ns}	-120186,69 ^{ns}	99,57
AB11547	8.521	1,626*	292489,92*	90,04
AB11540	8.585	1,293 ^{ns}	605272,37**	76,63
AB101027	8.683	-0,099*	48471,62 ^{ns}	70,40
AB09007	9.378	0,617*	1129021,55**	40,33
AB09023	9.191	1,412*	306600,44*	86,83
AB10589	10.559	1,442*	56790,64 ^{ns}	94,18
AB11002	8.805	1,520*	2113167,78**	59,72
AB12101	9.013	0,690 ^{ns}	1139252,28**	45,08
Média Geral	8.958			

$H_0 = \beta_i = 1$ * significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ^{ns} não significativo.
 $H_0 = \delta_{ij} = 0$ *e** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo.

As estimativas dos valores do parâmetro de adaptabilidade, definidos a partir dos valores de coeficientes de regressão linear e sua significância estatística pelo teste t para os genótipos avaliados, variaram de -0,099 para a linhagem AB101027 a 1,626 para linhagem AB11547, conforme a Tabela 3.

As estimativas dos coeficientes de regressão dos genótipos AB12004, AB11547, AB09023, AB10589, AB11002, IRGA 417, AB11502, AB101027 e AB09007 diferiram da unidade ($\beta_i=1$) pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade. Sendo que, os cinco primeiros genótipos relacionados anteriormente demonstraram adaptabilidade a ambientes favoráveis ($\beta_i>1$), evidenciando as suas recomendações para esse tipo de ambiente considerado. No caso, do presente estudo, esses genótipos podem ser recomendados para a Região da Campanha e Fronteira Oeste.

Em contrapartida, os quatro últimos genótipos relacionados anteriormente, sendo três linhagens e uma testemunha (cultivar), apontaram uma adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($\beta_i<1$), ou seja, a regiões orizícolas que apresentam índice de ambiente negativos. Tal como, as condições edafoclimáticas da Região Sul identificadas no presente trabalho.

No entanto, os demais genótipos avaliados, revelaram ampla adaptabilidade aos ambientes estudados ($\beta_i=1$). De acordo com os valores estimados de β_i , a linhagem AB11547 é o genético que mais acusa um incremento médio de rendimento de grãos ($\beta_i=1,626$). Para esse genótipo, estima-se um incremento médio de rendimento de 162 kg ha⁻¹ para cada 100 kg ha⁻¹ devido à melhoria das condições de ambiente. Essas constituições genéticas mostraram como vantagens, além de uma boa produtividade, respostas à melhoria de ambientes, justificando as suas recomendações principalmente naqueles ambientes que empregam tecnologias capazes de melhorar as condições de ambiente, como por exemplo, níveis adequados de adubação e semeadura na época recomendada.

Quanto à capacidade dos genótipos de arroz irrigado demonstrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente no comportamento produtivo, pode-se destacar as linhagens AB11039, AB11503, AB11514, AB11544, AB101027 e AB10589 e a testemunha BRS 7 "Taim". No entanto, o grau de imprevisibilidade não deve comprometer a indicação daquelas genótipos com R^2 elevado. Por isso, os genótipos AB12004, AB11547 e AB09023, mesmo com desvios da regressão significativos, podem ser indicados para cultivo pois apresentaram R^2 acima de 80%.

Outro fator relevante, que deve ser considerado, é o fato de 4 linhagens (AB11514, AB11544, AB11547 e AB10589) e a cultivar BRS 7 "Taim" apresentarem um coeficiente de determinação (R^2) acima de 90%, o que possibilita afirmar quanto da variação fenotípica total de cada genótipo foi explicado pelo modelo em questão.

Pelo conceito de EBERHART e RUSSELL (1966) o genótipo ideal proposto pelo referido modelo, foi a BRS 7 "Taim", mostrando uma produtividade média superior à média geral, ampla adaptabilidade ($\beta_i=1$) juntamente com alta previsibilidade ($\delta_{ij}=0$ alta estabilidade produtiva) nos ambientes estudados, cultivar esta lançada pelo programa de melhoramento genético de arroz da Embrapa Clima Temperado.

Conclusão

O modelo utilizado permite discriminar os genótipos de acordo com as condições de cultivo tanto favoráveis quanto desfavoráveis, possibilitando analisar a influência dos diferentes ambientes sobre o comportamento dos genótipos.

As linhagens de arroz irrigado analisadas nesse trabalho, apresentaram comportamentos fenotípicos diferentes quanto à estabilidade e adaptabilidade nos oito diferentes ambientes avaliados para a produtividade de grãos, tornando possível selecionar genótipos para fins de recomendação nas regiões orizícolas do Rio Grande do Sul.

As melhores linhagens para os ambientes desfavoráveis de cultivo, foram AB09007 e AB11502, apresentando elevados rendimentos de grãos e adaptabilidade específica nesse ambiente, porém, com baixa previsibilidade.

A linhagem AB10589, de potencial genético produtivo alto e de baixa estabilidade fenotípica, demonstrou uma adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, respondendo amplamente a melhoria do ambiente, permitindo assim recomendar este genótipo para agricultores que dispõem de alta tecnificação e condições de cultivo favoráveis.

Referências

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa-MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. C. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Vol. 1. 4^o edição. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 514p.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004. 400p.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.

OLIVEIRA, E. J.; GODOY, I. G.; MORAES, A. R. A.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; KASAI, F. S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1253-1260, 2006.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.23-30, 2006.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. **XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**, 1 a 3 de agosto de 2012, Gravatal, SC. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Itajaí/SC: SOSBAI, 2012. 179p.

SUDARIC, A.; SIMIC, D.; VRATARIC, M. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of Southeast Europe. **Plant Breeding**, v.125, p.191-194, 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.