

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de aveia branca

Adaptability and stability of white oat genotypes

Rafael Nörnberg^[a], Guilherme Ribeiro^[b], Gustavo da Silveira^[c], Henrique de Souza Luche^[a], Diego Baretta^[a], Elisane Weber Tessmann^[a], Leomar Guilherme Woyann^[a], Antonio Costa de Oliveira^[d]

^[a] Engenheiros agrônomos, pós-graduandos em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS - Brasil, e-mail: rafaelnornberg@yahoo.com.br; hluche@gmail.com; barettdiego@gmail.com; elisanetessmann@yahoo.com.br; leowoyann@gmail.com

^[b] Engenheiro agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, professor adjunto da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Itaqui, RS - Brasil, e-mail: guilherme.tche@gmail.com

^[c] Engenheiro agrônomo, pós-graduando em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG - Brasil, e-mail: gustavo_dasilveira@yahoo.com.br

^[d] Engenheiro agrônomo, PhD. em Genética e Melhoramento, professor associado da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS - Brasil, e-mail: acostol@terra.com.br

^[*] Autor para correspondência

Resumo

A produtividade da aveia branca (*Avena sativa* L.) é afetada por condições ambientais adversas no território brasileiro, resultando em produtividade média instável ao longo dos anos. A compreensão da interação genótipo x ambiente para o rendimento de grãos é muito importante na recomendação adequada de cultivares de aveia branca. O objetivo, com o desenvolvimento do trabalho, foi estimar a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos elites de aveia branca para o rendimento de grãos em diferentes locais e anos na Região Sul do Brasil, utilizando dois métodos de avaliação, buscando auxiliar na indicação dos genótipos mais adaptados e estáveis para o cultivo. Foi avaliado o rendimento dos grãos (kg ha^{-1}) de cinco genótipos elite de aveia branca. Os ensaios experimentais foram conduzidos utilizando delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, nos anos de 2005, 2006 e 2007, nos municípios de Eldorado do Sul, Passo Fundo e Pelotas no estado do Rio Grande do Sul, e Guarapuava, Londrina, Mauá da Serra, Ponta Grossa e Pato Branco no estado do Paraná. Os métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade utilizados foram os descritos por Eberhart e Russell e por Lin e Binns. Os dois métodos de avaliação mostram resultados semelhantes para os genótipos avaliados. As cultivares URS 21, Barbarasul e Brisasul apresentam os maiores rendimentos de grãos. As cultivares Brisasul e URS 21 mostram adaptação ampla, inclusive a cultivar URS



21 evidencia estabilidade de rendimento de grãos, sendo estes genótipos os mais indicados para o cultivo na região Sul do Brasil.

Palavras-chave: Avena sativa. Genótipo x ambiente. Rendimento de grãos.

Abstract

*Over the years, the productivity of white oat (*Avena sativa* L.) in the Brazilian territory has been affected by adverse environmental conditions, resulting in an unstable average yield. Understanding the genotype–environment (GxE) interaction on grain yield is very important for appropriate recommendation of white oat cultivars for a region. This study aimed to estimate the stability and adaptability of white oat cultivars with elite genotypes for optimal grain yield in different locations and years in the South Region of Brazil. We used two methods of evaluation in order to assess five white oat cultivars with elite genotypes (URS 21, Barbarasul, Brisasul, UPFA 22-Temprana and UPF 97H200-4) and obtained their grain yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). The experiments were conducted in a randomized block with four replications in the years 2005, 2006, and 2007, in the Counties of Eldorado do Sul, Passo Fundo, and Pelotas in Rio Grande do Sul and Guarapuava, Londrina, Mauá da Serra, Ponta Grossa, and Pato Branco in Paraná. The methods for the evaluation of adaptability and stability were described by Eberhart and Russell and by Lin and Binns. Both evaluation methods showed similar results for the five assessed genotypes. Our results showed that the URS 21, Barbarasul, and Brisasul cultivars have the highest grain yields. Brisasul showed wide adaptation, whereas URS 21 showed both wide adaptation and grain yield stability. Thus, we confirmed that the above three cultivars were the most suitable for cultivation in the South Region of Brazil.*

Keywords: *Avena sativa. Genotype–environment interaction. Grain yield.*

Introdução

Nos últimos anos, o Brasil vem aumentando gradativamente sua área de cultivo de aveia branca (*Avena sativa* L.) devido à ampla aptidão agrícola e à demanda por cultivares mais produtivas, de elevada qualidade e rendimento industrial de grãos (CARVALHO et al., 2009; CRESTANI et al., 2010). A aveia branca possui ampla área de cultivo no território brasileiro, sendo sua produtividade afetada pelas condições agroclimatológicas adversas e resultando em produtividade média instável ao longo dos anos (BENIN et al., 2005).

As mudanças climáticas enfrentadas em nosso planeta têm impactos no meio ambiente, na agricultura e, principalmente, na saúde e bem estar da população humana. Sabe-se que o aumento da temperatura global e a falta de água ameaçam o cultivo de várias culturas, assim como provocará agravamento no problema da fome que diversos países enfrentam (LEITE; FEDERIZZI; BERGAMASCHI,

2012). Ressalta-se que aproveitar toda a informação gerada pelo melhoramento exigirá uma abordagem multidisciplinar e um conhecimento integrado da relação dos processos genéticos, moleculares, fisiológicos e bioquímicos, resultando na obtenção de genótipos de maior produtividade de grãos adaptados e estáveis em condições ambientais adversas (TUBEROSA; SALVI, 2006; ARAUS et al., 2008; SÁNCHEZ-MARTÍN et al., 2012).

A recomendação de cultivares é realizada com base no desempenho médio dos genótipos em diferentes ambientes de cultivo (ano e locais), auxiliando os melhoristas na identificação dos genótipos mais estáveis e adaptados aos diversos meios (FALCONER; MACKAY, 1996). Contudo, o sucesso de uma nova cultivar de aveia branca lançada no mercado depende do desempenho agrônomico e de sua interação com o ambiente de cultivo. Portanto, os genótipos podem mostrar adaptabilidade a ambientes específicos ou ampla adaptabilidade e elevada estabilidade em diferentes ambientes de cultivo (LUCHE et al., 2013).

As análises de adaptabilidade e estabilidade são procedimentos estatísticos que permitem identificar e prever o comportamento dos genótipos às variações ambientais de cultivo (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2004; HAWERROTH et al., 2013). Um dos mais utilizados métodos de avaliação de tais variáveis é o de Eberhart e Russell (1966), pois identifica os melhores genótipos e caracteriza-se pela facilidade de interpretar os parâmetros estimados. O segundo método foi sugerido por Lin e Binns (1988), o qual não determina nenhum modelo específico para a interação genótipo x ambiente. Tal método é denominado "Análise de superioridade", devido ao fato de ser baseado apenas no desempenho agrônomico dos genótipos.

A compreensão da interação genótipo x ambiente no rendimento de grãos é muito importante para a recomendação adequada de cultivares de aveia branca, visando a maior produtividade de grãos. Além disso, as estimativas dos efeitos do ambiente sobre a expressão fenotípica da cultivar é essencial para direcionar as estratégias de seleção de genótipos de aveia branca superiores para o rendimento de grãos.

Portanto, objetivou-se com este experimento estimar a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos elites de aveia branca para o rendimento de grãos, em diferentes locais e anos, na Região Sul do Brasil, auxiliando na indicação dos genótipos mais adaptados e estáveis para o cultivo, utilizando dois métodos de avaliação.

Material e métodos

As constituições genéticas empregadas no estudo abrangem cinco genótipos elite de aveia branca, desenvolvidas pelos principais programas de melhoramento genético do Brasil. Os genótipos analisados foram: UPFA 22-Temprana e UPF 97H200-4 (Universidade de Passo Fundo); Barbarasul (inicialmente UFPel 03-008) e Brisasul (inicialmente UFPel 03-012) (Universidade Federal de Pelotas) e URS 21 (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Foram avaliados os dados de rendimento de grãos (kg ha^{-1}) provenientes dos Ensaio Brasileiros de Aveia, coordenados pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (CBPA). Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2005, 2006

e 2007, nos municípios de Eldorado do Sul (altitude de 22 m), Passo Fundo (altitude de 680 m) e Pelotas (altitude de 13 m) no estado do Rio Grande do Sul; e nos municípios de Guarapuava (altitude de 1.111 m), Londrina (altitude de 585 m), Mauá da Serra (altitude de 1.083 m), Ponta Grossa (altitude de 956 m) e Pato Branco (altitude de 761 m), no estado do Paraná, totalizando 24 ambientes distintos.

Os climas de Guarapuava e Ponta Grossa são do tipo *Cfb*, para os demais locais são do tipo *Cfa*, segundo classificação climática de Köppen. Em todos os locais a semeadura deu-se no mês de julho. As variáveis agroclimáticas de temperatura máxima média e precipitação total por mês estão expostas na Tabela 1. Nos municípios de Pelotas, Passo Fundo e Londrina as leituras foram registradas em estações locais, enquanto nos demais ambientes foram utilizados os dados das estações agroclimáticas das cidades mais próximas. Em Mauá da Serra, os dados das variáveis agroclimáticas foram de Londrina; Eldorado do Sul de Porto Alegre - RS; Pato Branco de Chapecó - SC; Guarapuava e Ponta Grossa de Irati - PR (INMET, 2014).

A CBPA não utiliza o zoneamento agrícola para o cultivo da aveia branca. Contudo, para as regiões de cultivo no Rio Grande do Sul, o município de Pelotas se caracteriza como um ambiente frio, úmido e baixo; Passo Fundo, Guarapuava e Ponta Grossa, como ambientes frios, úmidos e altos; Eldorado do Sul, Mauá da Serra e Pato Branco os ambientes se caracterizam como moderadamente quentes, úmidos e baixos, e em Londrina como ambiente quente, moderadamente seco e baixo (RCBPTT, 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições para todos os experimentos. O espaçamento entre linhas foi de 0,20 m e a densidade de semeadura foi de 300 sementes aptas por metro quadrado. Não foram realizadas aplicações de fungicidas para o controle das moléstias, sendo avaliado o real potencial produtivo dos genótipos. O rendimento de grãos foi transformado em kg ha^{-1} , a partir da área da unidade de observação das parcelas que, conforme o ambiente de cultivo, variou de 3,0 a 4,25 m^2 . As adubações foram realizadas de acordo com as análises de solo efetuadas em cada ano e local de cultivo. Os tratamentos culturais foram efetuados de acordo com as recomendações da CBPA.

Tabela 1 - Leituras mensais das variáveis agroclimáticas, temperatura máxima média e precipitação total durante o ciclo de cultivo dos genótipos de aveia branca na Região Sul do Brasil nas safras agrícolas de 2005, 2006 e 2007. CGF/UFPeL, 2014.

Local	Mês	Temperatura máxima média (°C)			Precipitação total (mm)		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007
Pelotas	Julho	42,2	79,2	90,5	19,39	21,33	15,32
	Agosto	94,8	109,8	183,8	20,41	18,61	15,79
	Setembro	241,6	89,2	93,2	18,17	19,73	21,58
	Outubro	93,3	52,9	95,6	21,46	23,83	23,47
	Novembro	23,6	130,8	110,1	27,33	24,53	24,16
Porto Alegre* (Eldorado do Sul)	Julho	57,7	67,5	178,1	20,88	22,50	17,79
	Agosto	155,9	84,1	149,1	22,96	20,98	19,99
	Setembro	164,3	99,8	174,9	20,23	22,13	24,97
	Outubro	271,1	38,6	70,0	24,07	27,33	26,02
Passo Fundo	Novembro	79,3	118,4	132,3	28,33	26,74	26,55
	Julho	83,7	147,9	325,7	17,66	19,99	16,23
	Agosto	135,4	132,2	128,7	21,36	20,14	19,24
	Setembro	152,7	112,8	268,6	17,36	21,25	23,44
	Outubro	384,8	94,9	293,5	23,82	26,84	24,02
Londrina* (Mauá da Serra)	Novembro	146,0	311,9	186,5	27,73	26,37	25,22
	Julho	42,2	23,6	210,2	23,84	26,94	24,24
	Agosto	37,3	17,0	12,8	28,83	28,83	27,76
	Setembro	123,8	144,2	2,0	25,80	26,56	31,72
	Outubro	258,1	73,4	92,7	29,28	30,48	31,91
Chapecó* (Pato Branco)	Novembro	58,6	122,8	187,5	30,98	31,19	30,83
	Julho	145,3	62,8	217,5	19,89	23,10	18,53
	Agosto	142,1	115,4	66,6	23,77	22,91	22,72
	Setembro	210,2	166,5	116,4	19,57	23,44	26,79
	Outubro	312,5	95,7	209,2	24,93	28,13	26,31
Irati* (Guarapuava e Ponta Grossa)	Novembro	72,3	223,8	276,4	29,21	27,42	27,25
	Julho	60,7	53,2	135,3	19,58	22,07	19,37
	Agosto	113,2	63,3	12,1	23,50	23,11	22,10
	Setembro	312,1	226,3	27,9	18,95	21,64	26,36
	Outubro	350,8	71,1	79,3	23,83	25,23	26,31
	Novembro	76,2	178,3	202,6	26,13	25,75	26,04

Legenda: * Local da leitura das variáveis agroclimáticas, representando as cidades mais próximas aos locais de cultivo. Entre parênteses locais de cultivo dos genótipos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e posterior comparação de médias pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Posteriormente, foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade utilizando dois métodos: primeiramente o de Eberhart e Russell e, em seguida, o de Lin e Binns. As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico Genes (CRUZ, 2006).

O método de Eberhart e Russell (1966) é baseado no modelo de regressão linear simples: $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1j} + I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$, em que Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ; β_{0i} equivale à média geral do genótipo; β_{1j} corresponde ao coeficiente de regressão linear, cuja estimativa representa a resposta do genótipo i à variação do ambiente j ; I_j é o índice ambiental codificado; δ_{ij} equivale aos desvios da

regressão; e ε_{ij} corresponde ao erro experimental médio.

O método de Lin e Binns é baseado na análise não paramétrica estimada pela fórmula: $P_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / 2n$, em que P_i é a estimativa de adaptabilidade e estabilidade do genótipo i ; X_{ij} é a produtividade do genótipo i no ambiente j ; M_j é a resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j ; e n é o número de ambientes.

Resultados e discussão

Na análise de variância da Tabela 2, os efeitos principais de genótipo e local se mostraram significativos para o rendimento de grãos. Os efeitos de interação genótipo x local; ano x local e de genótipo x ano x local mostraram-se estatisticamente significativos. O efeito principal de ano e a interação de genótipo x ano não se mostraram significativos, revelando que o ano não mostrou elevada ação sobre o rendimento de grãos nos genótipos de aveia branca.

A magnitude de quadrado médio para o local de avaliação se mostrou superior ao efeito genotípico, denotando maior participação do ambiente (local) sobre a expressão do fenótipo. Tal condição sugere a ação de genes quantitativos sobre o rendimento de grãos. Embora a contribuição genotípica seja importante na expressão do rendimento de grãos, o ambiente de cultivo tem se mostrado com elevada magnitude de ação (LUCHE et al., 2013). Ressalta-se

que uma interação genótipo x local significativa evidencia uma resposta diferente quanto a produtividade de grãos dos genótipos nos locais de cultivo. Portanto, a busca de genótipos superiores com base na avaliação restrita a apenas um ambiente (ano ou local) torna-se ineficiente, tendo em vista a forte influência de outros fatores que determinam tal interação (VALÉRIO et al., 2009a; LUCHE et al., 2013). A forte ação do ambiente sobre o rendimento de grãos em cereais como a aveia branca tem sido constatada, demonstrando controle genético de herança quantitativa (ARAUS et al., 2008).

A dificuldade de identificação de genótipos de aveia branca estáveis sobre a expressão do rendimento de grãos em diferentes condições de cultivo (BENIN et al., 2005). A interação do genótipo x ambiente justificou a análise detalhada dos genótipos quanto à variabilidade e a adaptabilidade e estabilidade, visando à identificação dos genótipos com adaptação a ambientes específicos (favoráveis e desfavoráveis), adaptação ampla e os genótipos com comportamento estável.

Na Tabela 3, da análise individual do desempenho *per se* dos genótipos de aveia branca para o rendimento de grãos nos diferentes locais e anos de cultivo, no âmbito geral, os genótipos URS 21, Barbarasul e Brisasul mostraram rendimento de grãos superiores em todos os ambientes (locais e anos) de avaliação, com as melhores classes fenotípicas (a - b). A cultivar UPFA 22 mostrou elevada produtividade de grãos nos ambientes com elevadas

Tabela 2 - Resumo da análise de variância do rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia branca cultivados em oito locais da Região Sul do Brasil nas safras agrícolas de 2005, 2006 e 2007. CGF/UFPeL, 2014.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio
Genótipo (G)	4	11315751*
Ano (A)	2	20814408 ^{ns}
Local (L)	7	33465170*
G x A	8	260689 ^{ns}
G x L	28	594487*
A x L	14	6896944*
G x A x L	56	588606*
Resíduo	288	74923
Média	2285,03	-
Coefficiente de Variação (%)	11,97	-

Legenda: ^{ns} Não significativo. * e * Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente.

Fonte: Dados da pesquisa.

temperaturas máximas médias, em Londrina em 2005 e 2007 e Mauá da Serra em 2006, exceção de Guarapuava em 2006 com temperaturas máximas médias reduzidas. O genótipo UPF 97H200-4 mostrou inconsistência em determinados ambientes, pois em todos os anos de avaliação apresentou rendimento de grãos elevado somente em Mauá da Serra. Destaca-se que nos demais ambientes o genótipo mostrou elevado rendimento de grãos em pelo menos um ano de avaliação, exceto o de Pelotas. No entanto, um ambiente considerado restritivo para o cultivo da aveia branca é o de Pelotas, tendo afetado drasticamente, nos três anos, o rendimento de grãos das cultivares UPFA 22 (classe, c) e UPF 97H200-4 (classe, b).

A média geral de rendimento de grãos nos ambientes de avaliação não pode ser considerada como critério de adaptação, já que muitas variáveis têm interferência no comportamento dos genótipos (LUCHE et al., 2013). Portanto, o local de cultivo deve ser considerado no momento da recomendação das cultivares de aveia branca, pois interfere consideravelmente no comportamento dos genótipos estudados (LORENCETTI et al., 2004; BENIN et al., 2005).

O genótipo ideal é aquele que apresenta produtividade alta, ou seja, coeficiente de regressão (β_1) igual a 1 e os desvios da regressão ($\sigma_{\delta_i}^2$) igual a zero. A adaptabilidade geral do genótipo é quando $\beta_1 = 1$; adaptabilidade específica a ambientes favoráveis $\beta_1 > 1$ e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis com $\beta_1 < 1$ (EBERHART; RUSSELL, 1996). Na Tabela 4 estão os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Os parâmetros de adaptabilidade (β_1) variaram de 0,67 a 1,30, e os genótipos URS 21 e Brissasul mostraram valores de β_1 não diferentes de 1, demonstrando adaptabilidade ampla para o rendimento de grãos nos ambientes em todos os anos avaliados.

O genótipo UPF 97H200-4 mostrou adaptabilidade ampla em 2006 e 2007. No entanto, em 2005, mostrou-se adaptado a ambientes favoráveis, podendo apresentar maior rendimento de grãos com a melhoria da qualidade do ambiente. Os genótipos UPFA 22 em 2005 e Barbarasul, em 2006, mostraram ampla adaptabilidade, sendo que a cultivar Barbarasul em 2005 e 2007 mostrou maior rendimento de grãos em ambientes desfavoráveis. A cultivar UPFA 22 mostrou aumento do rendimento de

grãos em ambientes favoráveis em 2006 e a ambientes desfavoráveis em 2007. Os genótipos que mostraram adaptabilidade a ambientes favoráveis, ou seja, incrementaram o rendimento de grãos com a melhoria do ambiente, são altamente dependentes das condições ambientais (BENIN et al., 2005). Por outro lado, genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, geralmente mostram menores reduções do rendimento de grãos nestes anos. Contudo, estes genótipos podem não responder com elevado rendimento de grãos em anos favoráveis, havendo perdas. Nesse sentido, os melhoristas estão focados em desenvolver genótipos de aveia branca com elevada produtividade e também adaptados a ambientes adversos (SÁNCHEZ-MARTÍN et al., 2012).

Na análise de estabilidade (Tabela 4), os genótipos estáveis mostraram os desvios da regressão ($\sigma_{\delta_i}^2$) não significativos. Em 2006, o genótipo URS 21 e em 2007, o genótipo UPF 97H200-4 evidenciaram estabilidade do rendimento de grãos. Ressalta-se que URS 21 e UPF 97H200-4 demonstraram ser os genótipos ideais para a produtividade de grãos, com ampla adaptação e estáveis. Não apresentaram, porém, consistência ao longo de todos os anos. Os demais genótipos de aveia branca mostraram-se instáveis quanto à produtividade de grãos nos locais de avaliação no decorrer do tempo.

Os elevados coeficientes de determinação (R^2), evidenciados para os genótipos avaliados, revelaram que o modelo se ajustou e explicou a variação dos dados para rendimento de grãos nos diferentes ambientes. A identificação de genótipos adaptados e estáveis na produtividade de grãos é essencial para os cereais de estação fria, nas regiões de clima subtropical, onde ocorrem nos ambientes de cultivo elevadas oscilações nas condições climáticas (ASIF et al., 2003; CRESTANI et al., 2010). Além disso, características como potencial de afilamento são de grande importância para a determinação do rendimento de grãos, devido à possibilidade de observação de expressão de caracteres agrônômicos-chave que indiretamente permitam prever ou mesmo maximizar o potencial de estabilidade de um genótipo (VALÉRIO et al., 2009b).

A eficiência do método de Eberhart e Russell foi evidenciada na detecção de genótipos adaptados e estáveis para o rendimento de grãos (BENIN et al., 2005; CRESTANI et al., 2010; LUCHE et al., 2013),

Tabela 3 - Médias de rendimento de grãos dos genótipos de aveia branca avaliados em oito locais da Região Sul do Brasil nos anos de 2005, 2006 e 2007. CGF/UFPel 2014.

Local	Genótipo	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)		
		2005	2006	2007
Londrina	UPFA 22	4287 ab [*]	1367 d	3175 a
	URS 21	4514 ab	2483 ab	3564 a
	Barbarasul	3743 b	3033 a	3814 a
	Brisasul	4978 a	2257 bc	3307 a
	UPF 97H200-4	4976 a	1642 cd	3196 a
Mauá da Serra	UPFA 22	2557 b	1776 a	3188 c
	URS 21	2358 b	2059 a	3649 ab
	Barbarasul	3181 ab	2084 a	3294 bc
	Brisasul	2964 ab	1613 a	3828 a
	UPF 97H200-4	3564 a	1716 a	3480 abc
Ponta Grossa	UPFA 22	1290 b	764 c	1372 c
	URS 21	2927 a	2120 ab	2437 ab
	Barbarasul	2534 a	1733 ab	2908 a
	Brisasul	2863 a	1524 b	2096 b
	UPF 97H200-4	2322 a	2330 a	2165 b
Guarapuava	UPFA 22	1528 b	1788 a	2741 b
	URS 21	2413 a	1805 a	3390 a
	Barbarasul	2274 a	1820 a	3316 a
	Brisasul	2559 a	1833 a	3620 a
	UPF 97H200-4	1339 b	1039 b	3221 a
Pato Branco	UPFA 22	1556 a	550 c	867 c
	URS 21	1600 a	978 b	1288 b
	Barbarasul	1640 a	1304 a	1943 a
	Brisasul	1008 b	1239 a	1367 b
	UPF 97H200-4	1052 b	1204 ab	1314 b
Passo Fundo	UPFA 22	1305 c	2209 b	2558 b
	URS 21	2297 b	3513 a	3292 a
	Barbarasul	3024 a	3698 a	3098 ab
	Brisasul	2261 b	3146 ab	3193 a
	UPF 97H200-4	1872 bc	3893 a	2775 ab
Eldorado do Sul	UPFA 22	1430 c	1186 b	2380 a
	URS 21	2922 a	2849 a	2515 a
	Barbarasul	2449 ab	3070 a	2980 a
	Brisasul	2339 abc	3336 a	2900 a
	UPF 97H200-4	1774 bc	2516 a	2540 a
Pelotas	UPFA 22	635 c	173 c	430 c
	URS 21	1787 a	1273 a	1903 a
	Barbarasul	1215 b	963 b	2028 a
	Brisasul	1812 a	804 b	1868 a
	UPF 97H200-4	1377 b	983 b	1020 b

Legenda: * Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 4 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Lin e Binns (1988) para o caráter rendimento de grãos, avaliados em oito locais na região Sul do Brasil nas safras agrícolas de 2005, 2006 e 2007. CGF/UFPeL, 2014.

Ano	Genótipo	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				
		Eberhart e Russell				Lin e Binns
		β_0	β_1	$\sigma_{di}^2 (\times 10^4)$	R ² (%)	P _i ($\times 10^3$)
2005	UPFA 22	1823	1,05 ^{ns}	17,00 [*]	87,2	737,65
	URS 21	2602	0,83 ^{ns}	13,03 [*]	84,3	138,70
	Barbarasul	2507	0,73 [*]	14,25 [*]	79,5	155,35
	Brisasul	2597	1,10 ^{ns}	8,03 [*]	93,5	105,30
	UPF 97H200-4	2284	1,30 [*]	11,65 [*]	93,5	314,65
2006	UPFA 22	1226	0,67 [*]	20,73 [*]	59,9	910,13
	URS 21	2134	1,01 ^{ns}	1,28 ^{ns}	95,9	52,26
	Barbarasul	2213	1,16 ^{ns}	4,33 [*]	94,1	35,06
	Brisasul	1968	1,05 ^{ns}	9,40 [*]	87,8	140,97
	UPF 97H200-4	1915	1,09 ^{ns}	22,08 [*]	78,5	216,66
2007	UPFA 22	2088	1,22 [*]	2,80 [*]	96,4	535,28
	URS 21	2754	0,98 ^{ns}	2,48 [*]	94,9	64,44
	Barbarasul	2922	0,71 [*]	2,64 [*]	90,5	25,98
	Brisasul	2772	1,01 ^{ns}	3,20 [*]	94,5	80,68
	UPF 97H200-4	2463	1,05 ^{ns}	0,30 ^{ns}	97,7	193,06

Legenda: β_0 : Médias gerais para o rendimento de grãos; β_1 : parâmetros de adaptabilidade; σ_{di}^2 : parâmetro de estabilidade; R²: coeficiente de determinação; P_i: estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i para todos os ambientes; ^{ns} não significativo; ^{*} significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

Fonte: Dados da pesquisa.

para componentes químicos da cariopse de grãos de aveia e rendimento industrial de grãos (CRESTANI et al., 2010; HAWERROTH et al., 2013) e produção de forragem em aveia branca (AHMAD et al., 2014).

O método de Lin e Binns (1988) é a medida relativa a um genótipo ideal de adaptabilidade ampla, em que o coeficiente de regressão é igual ou próximo à unidade. Além disso, o parâmetro de adaptabilidade ampla (P_i) relaciona a distância do genótipo ao melhor genótipo avaliado, representado pela maior produtividade de grãos obtida em cada local. Portanto, quanto menor o valor de P_i, mais adaptado e estável será o genótipo. Os genótipos que mostram as maiores médias de rendimento de grãos, geralmente apresentam menores valores de P_i, ou seja, maior adaptabilidade e estabilidade.

A cultivar Brisasul em 2005 mostrou a maior adaptabilidade e estabilidade com a segunda maior média de rendimento de grãos na análise conjunta

dos locais de avaliação (Tabela 4). Entretanto, em 2006 e 2007, os genótipos Barbarasul e URS 21 mostraram maior adaptabilidade e estabilidade, e as maiores médias de rendimento de grãos. No âmbito geral, os genótipos URS 21, Barbarasul e Brisasul, mostraram as maiores médias de rendimentos de grãos nos locais de avaliação e maior adaptabilidade e estabilidade de produtividade de grãos pelo método de Lin e Binns.

A vantagem de utilizar o método de Lin e Binns é devido à unicidade do parâmetro de estimativa da adaptabilidade e estabilidade de comportamento da característica e à simplicidade na interpretação dos resultados. Em contra partida, pode ser utilizada somente a média dos genótipos nos locais de avaliação em substituição ao parâmetro (P_i) de adaptabilidade e estabilidade (CARVALHO et al., 2002).

Pelos resultados da análise conjunta dos dois métodos de adaptabilidade e estabilidade, os genótipos

URS 21 e Brisasul foram amplamente adaptados aos ambientes de cultivo. Os dois métodos ainda detectaram o genótipo URS 21 como o mais estável para o rendimento de grãos entre os avaliados. Algumas diferenças foram mostradas pelos dois métodos: a cultivar Barbarasul foi adaptada e estável na análise de Lin e Binns, no entanto, não foi adaptada e estável na análise de Eberhart e Russell. Diferenças na adaptabilidade dos genótipos quando avaliados pelos dois métodos já foram relatadas, sendo os resultados de rendimento de grãos em trigo semelhantes para a maioria dos genótipos avaliados (CAIERÃO et al., 2006).

Conclusões

As cultivares URS 21, Barbarasul e Brisasul apresentam os maiores rendimentos de grãos. Entre as cultivares avaliadas, a Brisasul (ampla adaptabilidade) e a URS 21 (ampla adaptabilidade e estabilidade) são as mais indicadas para o cultivo na Região Sul do Brasil.

Referências

- AHMAD, M. et al. Parametric stability analyses for green forage yielding traits in oats (*Avena sativa* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 11, p. 1008-1011, 2014. doi:10.5897/AJAR2013.7860.
- ARAUS, J. L. et al. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 6, p. 377-412, 2008. doi:10.1080/07352680802467736.
- ASIF, M. et al. Stability of wheat genotypes for grain yield under diverse rainfed ecologies of Pakistan. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 2, n. 4, p. 400-402, 2003. doi:10.3923/ajps.2003.400.402.
- BENIN, G. et al. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 295-302, 2005. doi:10.1590/S0103-84782005000200008.
- 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, n. 4, p. 1112-1117, 2006. doi:10.1590/S0103-84782006000400011.
- CARVALHO, C. G. P. et al. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 989-1000, 2002. doi:10.1590/S0100-204X2002000700013.
- CARVALHO, F. I. F. et al. Barbarasul: a high-yielding and lodging-resistant white oat cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 96-99, 2009. doi:10.12702/1984-7033.v09n01a13.
- CRESTANI, M. et al. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 261-268, 2010. doi:10.1590/S0100-204X2010000300005.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: biometria. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966. doi:10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. London: Longman Group Ltd., 1996.
- HAWERROTH, M. C. et al. Adaptability and stability of white oat cultivars in relation to chemical composition of the caryopsis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 42-50, 2013. doi:10.1590/S0100-204X2013000100006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Boletim 2014**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> >. Acesso em: set. 2014.
- LEITE, J. G. D. B.; FEDERIZZI, L. C.; BERGAMASCHI, H. Mudanças climáticas e seus possíveis impactos aos sistemas agrícolas no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 337-343, 2012. doi:10.5039/agraria.v5i3a1239.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988. doi:10.4141/cjps88-018.
- LORENCETTI, C. et al. Implicações da aplicação de fungicida da adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em aveia branca. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 693-700, 2004. doi:10.1590/S0103-84782004000300007.

LUCHE, H. S. et al. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 19, p. 31-40, 2013.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – RCBPTT. **Informações técnicas para trigo e triticales**: Safra 2013. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2013.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J. et al. Targeting sources of drought tolerance within an *Avena* spp. collection through multivariate approaches. **Planta**, v. 236, n. 5, p. 1529-1545, 2012. doi:10.1007/s00425-012-1709-8.

TUBEROSA, R.; SALVI, S. Genomics-based approaches to improve drought tolerance of crops. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 405-412, 2006. doi:10.1016/j.tplants.2006.06.003.

VALÉRIO, I. P. et al. Estabilidade da produção e da capacidade de combinação de diferentes populações de aveia. **Semina: Ciências agrárias**, v. 30, n. 2, p. 331-346, 2009a. doi:10.5433/1679-0359.2009v30n2p331.

VALÉRIO, I. P. et al. Seleção efetiva para o caráter número de afilhos em populações segregantes de trigo. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 885-899, 2009b. doi:10.1590/S0006-87052009000400008.

Recebido: 16/06/2014

Received: 06/16/2014

Aprovado: 02/11/2014

Approved: 11/02/2014