



Faculdade de Agronomia
Eliseu Maciel
Fundada em 1883



Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca

Parameters of adaptability and stability in brazilian and exotic cultivars of white oat

Luche HS¹, Nornberg R², Crestani M³, Ribeiro G⁴, Woyann LG⁵, Silva JAG⁶, Maia LC⁷ and Costa de Oliveira A⁸

¹ Estudante de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Concentração Fitomelhoramento - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL, C.P. 354 - 96001-970 – Pelotas, RS – Brasil. Email: hluche@gmail.com.

² Estudante de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Concentração Fitomelhoramento - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL. Email: rafaelnornberg@yahoo.com.br.

³ Doutora em Agronomia - Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Concentração Fitomelhoramento - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL. Email: maraisacrestani@gmail.com.

⁴ Estudante de doutorado em Genética e Melhoramento. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário 36570-000 - Vicososa, MG - Brasil. Email: guilherme.tche@gmail.com.

⁵ Acadêmico em Agronomia - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL. Email: leomarwoyann@gmail.com

⁶ Professor do Departamento de Estudos Agrários – Deag - Universidade Regional do Estado do Noroeste do Rio Grande do Sul (UNIJUI) - 98700-000 - Ijuí, RS - Brasil. Email: jagsfaem@yahoo.com.br.

⁷ Professor do Departamento de Fitotecnia - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL, C.P. 354 - 96001-970 – Pelotas, RS – Brasil. Email: lucianoc.maia@gmail.com.

⁸ Professor do Departamento de Fitotecnia - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL, C.P. 354 - 96001-970 – Pelotas, RS – Brasil. Email: acostol@terra.com.br.

RESUMO

A introdução de germoplasma exótico é uma das mais importantes ferramentas na obtenção de variabilidade genética em programas de melhoramento. No entanto, traz consigo problemas de adaptação e estabilidade sobre determinadas condições de clima e solo específicos. O objetivo do estudo foi avaliar o comportamento de genótipos brasileiros e estrangeiros de aveia branca (*Avena sativa* L.) quanto aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em distintos anos de cultivo às condições locais de Capão do Leão/RS, Brasil. Experimentos foram conduzidos nos anos de 2005, 2006 e 2007 empregando dez cultivares de aveia branca dos Estados Unidos, treze do Brasil e uma do Canadá em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. O desempenho dos genótipos exóticos foi de modo geral inferior aos nacionais mostrando dificuldades de adaptação às condições estudadas. As cultivares Assiniboia e

Hi-Fi apresentaram desempenho próximo aos dos genótipos elite brasileiros com produtividade considerável e boa adaptabilidade e estabilidade fenotípica. O cruzamento desse tipo de germoplasma com genótipo nacionais pode incrementar o *pool* gênico com novos grupos de genes e/ou alelos trazendo ganhos genéticos no melhoramento da aveia branca.

Palavras-chave: *Avena sativa*, rendimento de grãos, massa do hectolitro, e introdução de plantas.

ABSTRACT

The introduction of exotic germoplasm is one of the most important tools in obtaining genetic variability in breeding programs. However, it presents problems of adaptation and stability on specific conditions of climate and soil. The objective of the study was to evaluate the performance of Brazilian and exotic

genotypes of oat (*Avena sativa* L.) and the parameters of adaptability and stability in different years of cultivation to local conditions in Capão do Leão/RS, Brazil. Experiments were conducted in 2005, 2006 and 2007 using ten US oat cultivars, thirteen Brazilian cultivars and one Canadian cultivar, in an experimental design of randomized blocks with three replications. The national usually outperformed the foreign genotypes, the latter showing difficulties in adaptation to the studied conditions. Cultivars Assiniboia and Hi-Fi had performances similar to the Brazilian elite genotypes, with adequate average production, good adaptability and phenotypic stability. The introduction of this type of germplasm may increase the gene pool with new groups of genes and/or alleles carrying genetic gains in the improvement of oats.

Key words: *Avena sativa* grain yield, hectoliter weight and plant introductions.

INTRODUÇÃO

Na exploração de uma espécie vegetal em uma determinada região ou mesmo em programas de melhoramento genético incipiente ou no incremento da variabilidade genética em coleções de trabalho, o emprego da introdução de germoplasma exótico tem sido utilizado. Tal fato se confirma a ponto que o próprio início do cultivo da aveia branca (*Avena sativa* L.) no Brasil foi por meio de introduções. Os primeiros trabalhos voltados para a produção deste cereal foram ensaios de adaptação de cultivares e linhagens exóticas conduzidos pelo pesquisador Iwar Beckaman na Estação Experimental de Bagé na década de 30 (Boerger, 1943, Crestani, 2011). Atualmente, além das possibilidades de uso direto como sementes para produtores rurais e em estudos genéticos, a introdução de germoplasma auxilia no incremento da variabilidade genética das populações de trabalho de programas de melhoramento com sinais de estreitamento da base genética, por meio da incorporação de novos alelos de genótipos não adaptados (Jordan et al., 2011). Todavia, estes autores ressaltam que a incorporação de genes e/ou alelos exóticos naqueles genótipos adaptados promove o rompimento de blocos de ligação de

características quantitativas, alterando a capacidade de adaptação e estabilidade das progênes obtidas por estes cruzamentos. Cabe ressaltar que variedades novas e com maior grau de melhoramento têm adaptação restrita aos ambientes nas quais foram desenvolvidas, enquanto que, aquelas mais antigas tendem a possuir ampla aptidão a distintos ambientes (Allard, 1971). Este comportamento implica na dificuldade cada vez maior de cruzamentos entre cultivares estrangeiras e nacionais para recombinação e seleção de constituições genéticas com elevado desempenho médio e maior adaptação.

Uma alternativa que pode ser usada como parâmetro de identificação de genótipos exóticos mais ajustados para incorporação em blocos de cruzamento com genótipos locais e com maiores chances de recuperação de recombinantes superiores é a análise de adaptabilidade e estabilidade. Portanto, é uma alternativa para identificar constituições genéticas estrangeiras que evidenciem comportamento mais ajustado às condições do programa, visando focar cruzamentos divergentes naqueles que revelam maior aptidão ao novo ambiente. O emprego de modelos de adaptabilidade e estabilidade permitiu a identificação de linhagens de trigo duplo-haplóides mais adaptadas e com boa previsibilidade em cruzamentos que envolveram trigos nacionais e estrangeiros avaliados no estado de São Paulo (Biudes et al., 2009). Na análise dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade vários métodos têm sido descritos para diagnosticar o comportamento e a previsibilidade de determinados genótipos a distintos ambientes. Todavia, os métodos que se baseiam na regressão dos valores fenotípicos dos genótipos em relação a um índice ambiental têm sido os mais empregados (Lorenzetti, 2004). O modelo proposto por Eberhart & Russel (1966) vem sendo amplamente utilizado na literatura em estudos de adaptabilidade e estabilidade em cereais de inverno (Langer et al., 1979; Carvalho et al., 1982; Federizzi et al., 1993; Biudes et al., 2009; Crestani et al., 2010; Silveira et al., 2010; Marques et al., 2011).

A possibilidade de quantificar a previsibilidade de genótipos estrangeiros em

comparação com genótipos nacionais de aveia branca pode contribuir no sentido de direcionar esforços em cruzamentos artificiais naqueles que agreguem simultaneamente adequado desempenho nos caracteres de interesse e maior adaptação e estabilidade, favorecendo a obtenção de recombinantes elite mais ajustados às demandas dos programas de melhoramento. Desta forma, o objetivo do estudo foi avaliar o comportamento de genótipos brasileiros e estrangeiros de aveia branca (*Avena sativa* L.) quanto aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em distintos anos de cultivo às condições de Capão do Leão/RS, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no inverno dos anos de 2005, 2006 e 2007, no município do Capão do Leão, RS, Brasil. A área experimental está localizada a 31°45' S e 52°29' W, altitude de 13 m e solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2006). Foram avaliadas vinte quatro cultivares de aveia branca, sendo treze oriundas do Brasil: Albasul, FAPA 4, UFRGS 14, UFRGS 19, UPF 15, UPF 16, UPF 18, UPFA 20, UPFA 22, URS 20, URS 21, URS 22 e URS 23; dez de origem norte-americana: Belle, Hi-Fi, Leonard, Milton, Portage, Richard, Rodeo, Sesqui, Starter e Vista; e uma originária do Canadá: Assiniboia. Cabe destacar que estas constituições genéticas foram introduzidas no programa segundo sua importância agrônômica em seus respectivos países.

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela constituída por cinco linhas de 3,0 metros, espaçadas em 0,2 metros. O preparo do solo e adubação bem como o controle fitossanitário (pragas e fitopatógenos) foram realizados de acordo com as Indicações Técnicas da Cultura da Aveia (CBPA, 2003). A colheita para posterior análise foi efetuada nas três linhas centrais de cada parcela, a fim de eliminar possíveis efeitos de bordadura, compondo uma área útil de 1,8 metros quadrados. Para análise do desempenho dos distintos genótipos foram mensurados os caracteres rendimento de grãos (RG, em Kg ha⁻¹)

e massa do hectolitro (PH, Kg hl⁻¹). Ressalta-se que a inclusão da massa do hectolitro no estudo tem por base representar caráter ligado ao rendimento industrial, pois a relação peso/volume evidencia forte ligação com a produção de farinha e massa de grão (VasconcelloS et al., 1998).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância para detecção da presença e ausência de diferenças entre os efeitos principais (anos e genótipos) e os de interação genótipo x ambiente (GxA). Após, foi efetuada comparação de médias por Scott-Knott em 5% de probabilidade de erro de forma a comparar o desempenho dos genótipos nos distintos anos de avaliação. Seguindo, os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram obtidos a partir do método de Eberhart & Russel (1966), no qual a adaptabilidade é estimada com base no coeficiente angular (b_{1i}) e a estabilidade a partir dos valores de desvio da regressão (S_{di}^2). Neste método, o genótipo ideal deve apresentar elevado desempenho para o caráter de interesse, ampla adaptabilidade ($\beta_1 = 1,0$) e estabilidade fenotípica ($\sigma^2_d = 0$) (CRUZ et al., 2004). Cabe mencionar que na determinação da previsibilidade de uma constituição genética quanto a sua estabilidade é possível empregar o coeficiente de determinação (R^2) como um recurso auxiliar junto ao desvio da regressão para esta estimativa. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados como auxílio do programa computacional GENES (Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a análise de variância para o caráter RG, Tabela 1, foi detectado efeito significativo dos fatores Genótipo (G) e Ano (A), bem como a interação (GxA) entre esses, indicando tanto a presença de variabilidade genética entre os acessos, como a forte presença dos efeitos do ano sobre o rendimento e a existência da resposta diferenciada de cada genótipo frente ao ambiente de cada ano.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e valores médios de Rendimento de Grãos (RG) e Peso do Hectolitro (PH) de cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca cultivadas em 2005, 2006 e 2007. CGF/FAEM/UFPEL, 2013.

Caráter	Quadrado Médio								Média (kg ha ⁻¹)	CV (%)
	Genótipo (G)		Ano (A)		G x A		Resíduo			
RG	6169324**		11907716**		724728**		396605		1965	32
PH	82,0**		5668,4**		48,5		16,8		39,2	10,4

Cultivar	Rendimento de grãos (kg ha)								Peso do hectolitro (kg hl)													
	2005		2006		2007		Média		2005		2006		2007		Média							
Albasul	B	2926	a	A	4607	a	C	1411	c	2981	a	B	29,0	a	A	46,0	a	A	45,0	b	40,0	a
Fapa 4	A	2848	a	A	2800	b	A	2070	b	2573	b	B	29,7	a	B	32,3	c	A	48,7	a	36,9	a
UFRGS 14	A	3211	a	A	3663	a	B	1989	b	2954	a	B	29,3	a	A	45,3	a	A	48,0	a	40,9	a
UFRGS 19	A	2718	a	A	2515	b	A	1818	b	2351	b	B	29,3	a	A	51,7	a	A	50,7	a	43,9	a
UPF 15	A	3611	a	A	3100	b	A	2548	a	3086	a	C	29,6	a	B	37,3	b	A	51,0	a	39,3	a
UPF 16	A	3059	a	A	2515	b	A	1933	b	2502	b	C	29,6	a	B	39,7	b	A	49,0	a	39,4	a
UPF 18	A	2626	a	B	1596	c	B	1589	b	1937	b	B	29,1	a	B	29,3	c	A	44,0	b	34,1	a
UPFA 20	A	3244	a	A	2722	b	B	1189	c	2385	b	B	29,4	a	A	45,7	a	A	46,0	b	40,4	a
UPFA 22	A	2259	a	A	2448	b	A	1893	b	2200	b	B	29,5	a	A	51,3	a	A	51,7	a	44,2	a
URS 20	A	3107	a	A	2567	b	B	1778	b	2484	b	B	29,7	a	A	44,0	a	A	47,0	a	40,2	a
URS 21	A	3622	a	A	2793	b	A	2822	a	3079	a	B	29,9	a	A	48,7	a	A	51,0	a	43,2	a
URS 22	A	2037	b	A	2054	c	A	1604	b	1898	b	B	29,4	a	A	47,3	a	A	47,0	a	41,2	a
URS 23	A	3218	a	A	3833	a	A	2889	a	3314	a	B	29,5	a	A	51,0	a	A	49,3	a	43,3	a
Assiniboia	A	2637	a	A	1709	c	A	1722	b	2023	b	C	31,3	a	B	38,7	b	A	47,7	a	39,2	a
Belle	A	608	c	A	630	c	A	1300	c	846	c	B	29,7	a	B	33,3	c	A	48,0	a	37,0	a
Hi-Fi	A	2641	a	B	1237	c	B	1718	b	1865	b	B	30,7	a	B	37,3	b	A	52,7	a	40,2	a
Leonard	A	1641	b	A	985	c	A	670	c	1098	c	A	30,3	a	A	29,7	c	A	36,0	c	32,0	a
Milton	A	1494	b	A	955	c	A	952	c	1134	c	B	30,7	a	B	35,7	b	A	48,7	a	38,3	a
Portage	A	1944	b	B	774	c	B	1052	c	1257	c	C	31,3	a	B	38,3	b	A	49,7	a	39,8	a
Richard	A	2085	b	B	1319	c	B	781	c	1395	c	B	30,7	a	B	34,0	c	A	45,0	b	36,6	a
Rodeo	A	2070	b	A	1385	c	A	783	c	1413	c	C	30,7	a	B	39,3	b	A	49,0	a	39,7	a
Sesqui	A	349	c	A	397	c	A	552	c	433	c	C	28,3	a	B	35,3	b	A	44,3	b	36,0	a
Starter	A	1441	b	A	996	c	A	729	c	1056	c	C	30,7	a	B	39,7	b	A	48,0	a	39,4	a
Vista	A	759	c	A	980	c	A	996	c	912	c	B	29,0	a	B	35,0	b	A	42,7	b	35,6	a
Média	A	2340		A	2024		A	1533		1966		C	29,8		B	40,2		A	47,5		39,2	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e na minúscula coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Na tomada de decisão de genótipos promissores na composição de blocos de cruzamento ou mesmo na escolha de genótipos exóticos para introdução de novos genes e/ou alelos, o melhorista tem a necessidade de conhecer além do desempenho *per se* ponderar a respeito da interação genótipo versus ambiente. Portanto, a busca de constituições genéticas 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 (Cargnin et al., 2008; Valério et al., 2009a). Esta consideração é fortalecida principalmente em caracteres que envolvem um grande número de genes de pequeno efeito e de forte participação do ambiente na expressão do fenótipo, como o rendimento de grãos. O rendimento de grãos, devido ao seu complexo controle genético e importância para o melhoramento vegetal, é geralmente o grande foco de análises da interação genótipo versus ambiente (Benin et al., 2005; Alvarenga et al., 2009; Condé et al., 2010).

Comparando as médias das cultivares no ano de 2005 (Tabela 1), houve uma clara discriminação entre genótipos brasileiros e exóticos com base no desempenho para rendimento de grãos (RG), de maneira que os genótipos exóticos foram inferiores ao nacionais, sendo que houveram três exceções: Assiniboia e Hi-Fi (cultivares canadense e norte americana, respectivamente) que apresentaram média elevadas de RG (2637 e 2641 kg ha⁻¹, respectivamente), não diferindo do desempenho das cultivares nacionais; e a cultivar URS 22, que demonstrou baixo RG (2037 kg ha⁻¹), sendo inferior as demais cultivares brasileiras e com desempenho semelhante a maioria das cultivares exóticas.

Em 2006, a distinção entre genótipos exóticos e nacionais ficou mais clara, de forma que todos os genótipos estrangeiros agruparam-se na mesma classe “c” de menores médias de RG (variando entre 629 e 2037 kg ha⁻¹), na qual apenas uma cultivar brasileira integrou, a URS 22. Nesse ano as cultivares que tiveram destaque positivo foram Albasul, URS 23 e UFRGS 14, com as respectivas médias de RG 4607, 3833 e 3663 kg ha⁻¹.

Em 2007, os genótipos URS 23, URS 21 e UPF 15 tiveram destaque como as cultivares mais produtivas (2889, 2822 e 2548 kg ha⁻¹, respectivamente), porém também merecem destaque as cultivares exóticas Assiniboia e Hi-Fi (1722 e 1718 kg ha⁻¹, respectivamente), embora estas apresentarem médias inferiores à cultivares supracitadas, suas produtividades foram as mais elevadas entre as cultivares exóticas, não diferindo também do desempenho de genótipos brasileiros adaptados.

Analisando o comportamento médio para os três anos de condução, tiveram destaque as cultivares URS 23, UPF 15, URS 21, Albasul e UFRGS 14 quanto a sua superioridade para RG (3313, 3086, 3079, 2981 e 2954 kg ha⁻¹, respectivamente), e para as cultivares URS 21 e URS 23 ainda foi detectada a homogeneidade da expressão do caráter, tendo em vista que não diferiram as médias de RG entre os anos de avaliação. Ainda foi detectada a superioridade das cultivares Assiniboia e Hi-Fi entre as estrangeiras, as quais tiveram médias de rendimento superiores às cultivares exóticas e semelhante às cultivares nacionais. Com isso, percebe-se a possibilidade do emprego de genótipos exóticos como fonte de novos alelos na busca por genótipos superiores em programas de melhoramento de aveia.

De maneira geral, as constituições genéticas exóticas de aveia apresentam desempenhos médios inferiores às constituições genéticas brasileiras, revelando a importância dos caracteres adaptativos na obtenção de elevada produtividade. Em genótipos de trigo, a importância da associação entre potencial produtivo e o acúmulo de características agronômicas favoráveis na busca de genótipos com rendimento de grãos elevado foi reportada (Silva et al., 2008). Além disso, características como potencial de afilhamento, são de grande importância na determinação do rendimento de grãos, principalmente em condições de ambiente desfavoráveis contribuindo na estabilidade dos genótipos. Tal fato recai da possibilidade de observação de expressão de caracteres agronômicos-chave que indiretamente permitam prever ou mesmo maximizar o potencial de estabilidade de um genótipo (Valério et al., 2009b).

Constituições genéticas estrangeiras de aveia branca tendem a apresentar maior dificuldade de adaptação às condições brasileiras, dificuldades relevantes que se traduzem nas condições ligadas ao fotoperíodo e temperatura de suas regiões de origem, proporcionando mudanças significativas em fenômenos importantes, como a indução ao florescimento. Ressalta-se que estes fenômenos trazem significativas diferenças de ciclo e estatura entre constituições nacionais e estrangeiras de aveia branca (Vieira et al., 2006). Segundo os mesmos autores, genótipos estrangeiros evidenciam maior intervalo de dias entre a emergência ao florescimento e conseqüentemente no ciclo total, com mais reduzido intervalo de dias entre o florescimento e a maturação (ciclo reprodutivo). O maior intervalo em dias do florescimento a maturação, oportuniza maior período de enchimento de grãos, podendo aumentar os valores de massa de mil grãos (Benin et al., 2003). Cabe destacar a existência de associação negativa do comprimento do ciclo total, ciclo vegetativo e estatura de planta com rendimento de grãos em aveia (Caeirão et al., 2001). A associação negativa desses caracteres com o rendimento de grãos pode explicar o baixo desempenho dos genótipos estrangeiros em condições ambientais sul-brasileiras.

Na tabela 1, para o peso do hectolitro (PH), diferenças genéticas e do ano de avaliação foram confirmadas, incluindo a interação significativa entre esses fatores, o que direciona ao desdobramento desta fonte de variação (GxE) na decomposição de seus efeitos simples. Analisando as médias de PH no ano de 2005, foi observado que as cultivares não diferiram entre si com base na comparação de médias segundo Scott-Knott, fato que pode estar associado à homogeneização da expressão do caráter pelo estresse hídrico que houve neste ano, resultante da menor oferta de chuvas na fase intermediária e final do ciclo reprodutivo, visto que no mês de novembro do referido, ocorreu precipitação mensal inferior à média histórica do local, 23,8% da precipitação normal (EAP, 2012). Com isso, foi observada que a redução da oferta de água refletiu na redução das médias de PH, como ficou evidente quando analisada a

média geral dos genótipos no ano de 2005, que foi significativamente inferior aos demais anos (29,85 kg hL⁻¹). Efeitos combinados de elevada temperatura e estresse por seca em trigo, observaram efeito pronunciado da baixa oferta de água no ciclo reprodutivo da planta durante a fase de enchimento de grãos (Prasad et al., 2011).

No ano de 2006 o ambiente de estudo mostrou condições mais favoráveis de cultivo, indicando incremento de expressão desta variável a tal ponto que culminou na ampliação da variabilidade genética observada entre os genótipos, indicada pela formação de três classes fenotípicas, ao contrário da única classe obtida no ano de 2005. Assim, em 2006 se destacaram as constituições genéticas UFRGS 19, UPFA 22, URS 23, URS 21, URS 22, Albasul, UPFA 20, UFRGS 14 e URS 20, pelos seus elevados desempenhos, variando os valores de PH de 51,7 a 44 kg hL⁻¹.

No terceiro ano de estudo (2007), foi identificado o melhor desempenho geral das cultivares avaliadas para PH (47,5 kg hL⁻¹), sendo significativamente superior aos demais anos. Nessas condições, a maioria das cultivares se enquadram na classe de médias superior (com médias variando entre 52,7 e 48 kg hL⁻¹), apenas excetuando-se as cultivares UPFA 20, Albasul, Richard, Sesqui, UPF 18, Vista e Leonard, sendo que esta última foi significativamente inferior às demais cultivares. Na análise individual dos genótipos pelo efeito médio entre os anos não foi detectada diferença significativa entre as cultivares analisadas.

A adaptabilidade ampla e previsibilidade são preocupações constantes nos programas de melhoramento, a fim de desenvolver genótipos com menor suscetibilidade a condições de estresse de ambiente e que apresentem bom desempenho em um maior número de distintos ambientes, ano ou local, afora otimizar a eficiência na seleção de constituições genéticas promissoras (Pswaray et al., 2008). A previsibilidade e responsividade à melhoria das condições de ambiente têm grande importância em programas de melhoramento genético, principalmente na avaliação de linhagens e indicação de cultivares para determinados tipos de cultivo e local (Pereira et al., 2009). Para

aveia branca, a predição do comportamento em determinadas condições de ambiente e responsividade vêm sendo adotadas não apenas para rendimento de grãos, característica mais comum deste tipo de análise, mas também para outros caracteres de interesse, como aqueles da qualidade química da aveia, como por exemplo, o conteúdo de β -glucana nos grãos (Crestani et al., 2010).

Analisando os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (Tabela 2), apenas os genótipos URS 23, UPF 15 e URS 21 mostram um comportamento de um genótipo ideal quanto ao RG segundo Eberhart & Russell (1966), ou seja, elevado desempenho médio, associado à adaptabilidade ampla ($b_1 = 1,0$) e estabilidade ($S^2d = 0$). Porém, analisando coeficiente de determinação (R^2), apenas o genótipo UPF 15 mostrou ser ideal, visto que associou àqueles parâmetros mostrados anteriormente ao elevado valor de R^2 ($R^2 = 0,99$). O coeficiente de determinação (R^2) é um importante parâmetro auxiliar na discriminação de genótipos quanto a sua estabilidade, empregado quando os desvios da regressão indicam comportamento semelhante entre as demais constituições genéticas analisadas (Cruz et al., 2004).

Observando apenas o parâmetro de adaptabilidade (b_1) para RG, grande parte das cultivares apresentaram adaptabilidade ampla ($b_1 = 1,0$), excetuando-se as cultivares Albasul, UPFA 20, Belle e Vista. Os coeficientes angulares (b_1) das cultivares Belle e Vista foram negativos (-0,90 e -0,27, respectivamente), indicando que esses genótipos apresentam baixa responsividade à melhoria do ambiente, o que foi observado através da manutenção das médias de RG dessas cultivares entre os anos de condução (Tabela 1). O parâmetro de adaptabilidade (b_1), além de revelar se um genótipo possui adaptação ampla, também pode indicar a sua adaptação a ambientes favoráveis ($b_1 > 1$) ou desfavoráveis ($b_1 < 1$), mostrando a responsividade deste a melhoria das condições ambientais (Franceschi et al., 2010).

Ainda cabe ressaltar, que as cultivares Assiniboia e Hi-fi, que apresentaram o melhor

desempenho para RG entre as exóticas, mostraram ampla adaptabilidade, semelhante os genótipos nacionais, o que corrobora para a idéia da adoção destas como genitores em bloco de cruzamento com genótipos nacionais.

Observando os parâmetros de estabilidade S^2d e R^2 para RG, as cultivares FAPA 4, UFRGS 19, UPF 15, UPF 16, UPFA 20, URS 20, URS 22, Belle, Leonard, Richard, Rodeo, Sesqui e Starter mostraram estabilidade na expressão desse caráter. Todavia, apenas a cultivares UPF 15 mostrou um comportamento estável atrelado a elevada produtividade.

As cultivares URS 23, URS 21, Albasul e UFRGS 14, apesar de suas elevadas produtividades, não evidenciaram bons parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, o que enfatiza a importância do emprego da estimativa de parâmetros associados à interação GxE na indicação e seleção de constituições genéticas fixas, mostrando entre cultivares com desempenhos médios semelhantes, aquelas com superioridade fenotípica em distintas condições de ambiente (Vasconcelos et al., 2010).

Em relação ao peso do hectolitro (PH), não foi possível determinar com segurança quais genótipo apresentam comportamento ideal segundo os parâmetros de Eberhart e Russel, devido a todos os acessos estarem agrupados na mesma classe de médias segundo o teste de Scott-Knott (Tabela 2). Todavia, é possível destacar os genótipos nacionais UFRGS 14, UPF 15, UPF 16 e URS 20, e os exóticos Assiniboia, Milton, Portage, Richard, Rodeo, Sesqui, Starter e Vista, apresentam comportamento próximos aos ideais, visto que mostraram adaptabilidade ampla atrelada a estabilidade fenotípica. De maneira geral, todos os genótipos mostraram responsividade à melhoria de ambiente, com base no parâmetro de adaptabilidade (b_1), exceto a cultivar Leonard. Enquanto que, para os parâmetros de estabilidade, as cultivares Albasul, FAPA 4, UFRGS 19, UPF 18, UPFA 20, UPFA 22, URS 21, URS 22, URS 23, Belle e Hi-Fi mostraram mau desempenho, exibindo baixa estabilidade fenotípica para o caráter.

Tabela 2. Valores médios (b_0), parâmetros de adaptabilidade (b_1), estabilidade (S^2d) e coeficiente de determinação (R^2) no rendimento de grãos e peso hectolítrico de cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca cultivadas em 2005, 2006 e 2007. CGF/FAEM/UFPEL, 2013.

Cultivar	RG (kg ha ⁻¹)				PH (kg hl ⁻¹)			
	b_0	b_1	S^2d	R^2	b_0	b_1	S^2d	R^2
Albasul	2981 [†] a	2,28*	3261935**	33,6	40,0 [†] a	0,95	32,07*	79,2
FAPA 4	2573 b	1,01	-89167	88,7	36,9 a	1,02	42,59**	77,2
UFRGS 14	2954 a	1,68	435750*	62,2	40,9 a	1,09	11,05	91,9
UFRGS 19	2351 b	1,14	-117670	96,7	43,9 a	1,28	57,56**	80,3
UPF 15	3086 a	1,30	-126267	99,0	39,3 a	1,18	10,18	93,3
UPF 16	2502 b	1,38	-125088	98,9	39,4 a	1,09	-4,36	99,3
UPF 18	1937 b	1,17	123132	64,1	34,1 a	0,79	42,57**	67,0
UPFA 20	2385 b	2,60*	-79900	97,7	40,4 a	0,98	22,11*	84,6
UPFA 22	2200 b	0,51	-59659	54,6	44,1 a	1,31	45,19**	84,3
URS 20	2484 b	1,64	-131924	100,0	40,2 a	1,01	5,58	93,5
URS 21	3079 a	0,90	42995	60,5	43,2 a	1,24	20,89*	90,1
URS 22	1898 b	0,57	-109525	82,6	41,3 a	1,05	32,08*	82,1
URS 23	3314 a	0,54	230952	21,0	43,3 a	1,19	57,97**	77,8
Assiniboia	2023 b	1,03	81383	62,3	39,2 a	0,91	-2,12	97,4
Belle	846 c	-0,90**	-91548	86,9	37,0 a	0,99	28,01*	82,1
Hi-Fi	1865 b	0,96	582230*	29,9	40,2 a	1,20	20,58*	89,7
Leonard	1098 c	1,15	-82126	89,8	32,0 a	0,29**	5,00	56,3
Milton	1134 c	0,61	-62278	64,0	38,3 a	0,98	15,15	88,0
Portage	1257 c	0,96	310261	40,8	39,8 a	1,01	3,96	94,4
Richard	1395 c	1,57	-89100	95,0	36,6 a	0,78	11,66	84,7
Rodeo	1413 c	1,56	-110624	97,4	39,7 a	1,02	-2,57	98,2
Sesqui	433 c	-0,26	-131545	97,1	36,0 a	0,89	-1,69	97,0
Starter	1056 c	0,85	-114068	93,0	39,4 a	0,97	-4,61	99,4
Vista	912 c	-0,27*	-121403	69,2	35,6 a	0,76	-2,80	97,0

[†] Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5% de significância; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Apesar do desempenho inferior dos genótipos estrangeiros em relação à constituições genéticas nacionais é interessante ressaltar que alguns se mostraram importantes fontes de novos alelos favoráveis para RG e PH, tendo em vista que, mesmo em condições de ambiente diferentes daqueles de origem, e com isso, apresentando maiores problemas de adaptação, as cultivares exóticas Assiniboia e Hi-Fi apresentaram bons desempenhos médios aliados aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade interessantes em anos caracteres. A introdução de plantas de origem asiática em blocos de cruzamento de soja no Canadá, mostraram que a introdução de plantas é um método eficiente de incremento do número de alelos favoráveis nesta autógama, resultando na obtenção de progênies superiores, mesmo que os genitores exóticos possuam dificuldades de

adaptação ao novo ambiente (PALOMEQUE et al., 2009).

CONCLUSÕES

De modo geral o desempenho dos genótipos exóticos foi inferior aos nacionais mostrando dificuldades de adaptação às condições estudadas. Todavia, as cultivares Assiniboia e Hi-Fi apresentaram desempenho próximo aos dos genótipos elite brasileiros com adequada média de produção e boa adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

Com isso, a introdução desse tipo de germoplasma em constituições nacionais pode incrementar o *pool* gênico com novos grupos de genes trazendo ganhos genéticos no melhoramento da aveia branca.

REFERÊNCIAS

- Allard RW Princípios do melhoramento genético das plantas. Translate by Blumenschein A, Paterniani E, Gurgel JTA and Vencovsky R. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda., 1971. 381p.
- Alvarenga CB, Sobrinho JS and Alvarenga PB (2009) Comportamento de genótipos de trigo cultivados no Cerrado do Brasil Central, em diferentes municípios do estado de Minas Gerais. Bioscience Journal, 25.
- Benin G et al. (2005) Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. Ciência Rural, 35: 295-302.
- Benin G et al. (2003) Implicações do ambiente sobre o rendimento de grãos em aveia e suas influências sobre estimativas de parâmetros genéticos. Revista Brasileira de Agrociência, 9 : 207-214.
- Biudes GB et al. (2009) Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de diplóides de trigo. Bragantia, 68 : 63-74.
- Boerger, A. Investigaciones Agronomicas. Montevideo: A. Bamiro & Ramos, S.A., v.3, 1943.
- Caeirão E, Carvalho FIF, Pacheco MT, Lonrecetti C, Marchioro VS and Silva JAG (2001) Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. Ciência Rural, 31 : 231-236.
- Cargnin A, Souza MA and Fogaça CM (2008) Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade em trigo. Revista Ceres 55 : 243-250.
- Carvalho FIF, Federizzi LC, Nodari RO, Floss E and Gandim CL (1982) Analysis of stability parameters and of genotype x environment interaction in oats grain yield in Rio Grande do Sul (Brazil). Revista Brasileira de Genética 5: 517-532.
- CBPA – COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Indicações Técnicas da Cultura da Aveia. Passo Fundo, 2003. 87p.
- Condé ABT, Coelho MAO, Yamanaka CH and Corte HR (2010) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Tropical 40 : 45-52.
- Crestani, M. Dinâmica de caracteres componentes da produção e da qualidade química e industrial de grãos em aveia branca: interação genótipo vs. ambiente e capacidade combinatória. 2011. 201f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Crestani M et al. (2010) Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45 : 261-268.
- Cruz CD Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2006.
- Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético: v. 1. 3ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- EAP – ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS (CAPÃO DO LEÃO). Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estaca_o/boletim.html>. Acessado em: 15 de novembro de 2012.
- Eberhart SA and Russel WA (1966) Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6 : 36-40.
- Federizzi LC et al. (1993) Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicida. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 28 : 465-472.
- Franceschi L, Benin G, Marchioro VS, Martin TN, Silva RR and Silva CL Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de

trigo no estado do Paraná. *Bragantia*, 69 : 797-805.

Jordan DR, Mace ES, Cruickshank AN, Hunt CH and Henzell RG (2011) Exploring and exploiting genetic variation from unadapted sorghum germplasm in a breeding program. *Crop Science*, 51.

Langer I, Frey KJ and Baley T (1979) Associations among productivity, production response, and stability indexes in oat varieties. *Euphytica*, 28.

Lorencetti C, Carvalho FIF, Marchioro VS, Benin G, Oliveira AC and Floss EL (2004) Implicações da aplicação de fungicida da adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em aveia branca. *Ciência Rural*, 34 : 693-700.

Marques MC et al. (2011) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. *Bioscience Journal*, 27 : 59-69.

Palomeque L, Li-Jun L, Li W, Hedges B Cober ER and Rajcan I (2009) QTL in mega-environments: I. Universal and specie seed yield QTL detected in a population derived from a cross of high-yielding adapted and high-yielding exotic soybean lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 119 : 417-427.

Pereira HS et al. (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44 : 29-37.

Prasad PVV, Pisipati SR, Momcilovic I and Ristic Z (2011) Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197 : 430-441.

Pswarayi A et al. (2008) Barley adaptation and improvement in the Mediterranean basin. *Plant Breeding* 127 : 554-560.

Santos HG et al. (Ed.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

Silva JAG et al. (2008) Caráter stay-green e produtividade de grãos em trigo. *Bragantia*, 67 : 161-167.

Silveira G et al. (2010) Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. *Bragantia* 69 : 63-70.

Valério IP et al. (2009a) Estabilidade da produção e da capacidade de combinação de diferentes populações de aveia. *Semina: Ciências agrárias*, 30 : 331-346, 2009a.

Valério IP et al. (2009b) Seleção efetiva para o caráter número de afilhos em populações segregantes de trigo. *Bragantia*, 68.

Vasconcelos NJS et al. (1998) Efeito do ambiente e correlação entre componentes do grão em genótipos de aveia cultivados no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Agrociência*, 2 : 5-88.

Vasconcelos ES, Reis MS, Cruz CD, Sedyama T and Scapim CA (2010) Adaptability and stability of semilate and late maturing soybean genotypes in Minas Gerais state. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32 : 411-415.

Vieira EA, Carvalho FIF, Silva MS and Filho JF (2006) Variabilidade fenotípica entre cultivares brasileiras, americanas e canadenses de aveia branca. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*.