

Seleção de genótipos de alfafa pela adaptabilidade e estabilidade da produção de matéria seca

Edmar Soares de Vasconcelos^{1*}, Waldomiro Barioni Júnior², Cosme Damião Cruz³,
Reinaldo de Paula Ferreira², Joaquim Bartolomeu Rassini² e Duarte Vilela⁴

¹Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Setor Pecuária Sudeste, São Carlos, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Setor Gado de Leite, São Carlos, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: vasconceloses@vicosa.ufv.br

RESUMO. O trabalho teve por objetivo avaliar e selecionar genótipos de alfafa, utilizando as metodologias de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, empregadas em dados de produção de matéria seca, obtidos em cortes realizados no período das águas e das secas. O experimento consistiu-se da avaliação de 92 genótipos de alfafa, conduzidos em três ambientes, em blocos ao acaso, com duas repetições. Utilizou-se a metodologia tradicional, de Eberhart e Russell e do Centróide. O método tradicional indicou o genótipo WL 612 como de menor variação, porém, como sua produção de matéria seca foi baixa, não é interessante sua utilização. A metodologia de Eberhart e Russel indicou que LE N 4 teve melhor adaptabilidade na produção de matéria seca. O método do Centróide indicou vários genótipos como de adaptabilidade geral, destacando-se LE N 4 e o P 30 como mais próximos do centróide 1. Os genótipos de melhor comportamento, no ambiente das águas, foram Rocio e Costera SP INTA e, no período das secas, Bacana. Dos 92 genótipos analisados, 25 foram classificados como passíveis de descarte. O genótipo LE N 4 foi o de melhor adaptabilidade geral, e o genótipo Bacana pode ser uma opção para utilização no período das secas.

Palavras-chave: método tradicional, Eberhart e Russel, centróide, *Medicago sativa* L.

ABSTRACT. *Alfalfa genotype selection for adaptability and stability of dry matter production.* This work was developed with the objective of evaluating and selecting alfalfa genotypes using methods of adaptability and phenotypic stability, for the production of dry matter in harvests during the rainy and drought seasons. The experiment made use of 92 alfalfa genotypes, conducted in three environments, in randomized blocks with two replications. For analyses of the adaptability and stability of the materials, the three methods applied were the traditional methodology, the Eberhart and Russel method, as well as the centroid method. The results using the traditional method of analysis indicate that the genotype WL 612 presents the lowest variation; however, as it features low averages of dry matter production, it is not recommended for such use. Applying the Eberhart and Russel methodology, LE N 4 had the best adaptability of dry matter production. Using the centroid method, several genotypes displayed overall adaptability; however, LE N 4 and P 30 were closest to centroid 1. The genotypes with the best behaviors in wet environments were Rocio and Costera SP INTA and, in the drought period, Bacana performed the best. Genotype LE N 4 showed the best overall adaptability, and genotype Bacana can be an option for utilization in the drought period.

Key words: traditional method, Eberhart and Russel, centroid, *Medicago sativa* L.

Introdução

A elevada competitividade na pecuária leiteira exige dos produtores a adoção de sistemas de intensificação da produção, sendo necessário o fornecimento de alimento volumoso em quantidade e qualidade durante todas as fases do processo de produção (Ferreira e Pereira, 2005). Para tanto,

torna-se necessário que a espécie forrageira a ser cultivada, além de possuir elevada qualidade nutricional, proporcione alta produção de volumoso e com distribuição regular durante todo o ano.

O custo e a qualidade da alimentação do rebanho são importantes para determinar o incremento da produtividade de animais com elevado padrão

genético. Para esses animais, tem sido crescente o interesse pelo fornecimento da alfafa como opção alimentar, em virtude da boa produção e elevada qualidade da forragem (Carvalho e Vilela, 1994).

Apesar do alto potencial da alfafa para a produção de leite, o sucesso da sua utilização depende de vários fatores, que vão desde a escolha da cultivar adaptada às condições edafoclimáticas do local de cultivo, até a adoção de práticas de manejo que garantirão, além do estabelecimento e máxima produtividade, a qualidade da alfafa (Ferreira e Pereira, 2005).

Estudos sobre adaptabilidade e estabilidade têm sido rotineiramente utilizados na recomendação de cultivares em diversas culturas no Brasil. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Miranda *et al.* (2003) e de Vicente *et al.* (2004), em soja, o de Léo *et al.* (2005), em alfafa, Rosse e Vencovsky (2000), em feijão, entre outros. Com relação à alfafa, estes estudos têm sido realizados considerando como ambientes as diferentes épocas de cortes avaliadas em um ensaio (Ferreira *et al.*, 2004). Entretanto, esse tipo de análise deve ser interpretado com certas restrições nos casos de recomendação de cultivares para regiões específicas, já que os cortes ou as épocas não representam, a rigor, os diferentes locais dentro de uma mesma região de aptidão edafoclimática da cultura (Léo *et al.*, 2005).

No estudo de forrageiras, tem sido prática rotineira avaliar e comparar o rendimento das cultivares por meio da análise da produção de matéria seca, a qual é obtida a partir de cortes sucessivos, os quais se distinguem em cortes da época das águas e das secas.

Costa *et al.* (2006) avaliaram 28 cultivares de alfafa, em Botucatu, estado de São Paulo, verificando que Monarca foi a cultivar melhor adaptada às condições ecológicas de Botucatu pela maior produtividade de matéria seca, a qual chegou a 1,89 t ha⁻¹ corte⁻¹. Monteiro *et al.* (1998), verificando a produção de matéria seca de 17 cultivares em Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, não encontraram diferença significativa entre os genótipos, com média geral de 1,52 t ha⁻¹ corte⁻¹.

Este trabalho foi realizado com a finalidade de selecionar genótipos de alfafa, com melhor adaptabilidade e estabilidade para produção de matéria seca, conduzidos nos anos de 2004, 2005 e 2006, no campo experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, estado de São Paulo.

Material e métodos

O experimento iniciou em junho de 2004 e foi conduzido na Embrapa Pecuária Sudeste, São

Carlos, Estado de São Paulo, em Latossolo Vermelho Amarelo. Após o preparo do solo, aplicou-se 5,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Posteriormente, foi feita a adubação para estabelecimento da cultura com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 30 kg ha⁻¹ de FTE-BR12. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com duas repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco fileiras de 5 m de comprimento. Considerou-se como bordadura uma fileira de plantas em cada lado e 0,50 m de cada extremidade da parcela. A densidade de sementeira foi o equivalente a 20 kg de sementes viáveis ha⁻¹, previamente inoculadas com estirpes de *Rhizobium meliloti*.

Em junho/2004, procedeu-se a sementeira de 92 genótipos de alfafa provenientes do INTA-Argentina, tendo como testemunha a cultivar Crioula. Para a adubação de cobertura aplicou-se a lanço, após cada corte, 60 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. As parcelas foram constituídas de cinco fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas de 20 cm entre as linhas, sendo a bordadura uma fileira de cada lado e 0,50 m de cada extremidade da parcela.

O primeiro corte de avaliação dos materiais foi realizado em 10/11/2004, quando grande parte dos genótipos apresentava 10% de plantas em florescimento, sendo efetuados 15 cortes. Avaliou-se a produção de matéria (PMS) dos 92 genótipos em cada corte.

A média de produção por corte obtida no período das águas do ano de 2004/2005 (novembro a março), obtida no período das secas de 2005 (abril a agosto) e obtida no período das águas de 2005/2006 (outubro a fevereiro), foi considerada, respectivamente, como sendo do ambiente 1, 2 e 3, respectivamente. Dessa forma, o experimento foi constituído de 92 variedades de alfafa, conduzidas em três ambientes distribuídos no tempo, sendo organizado em blocos ao acaso, com duas repetições.

Foram introduzidos conceitos e procedimentos das metodologias clássicas de análise de estabilidade e adaptabilidade, fundamentadas no método tradicional, citado por Cruz *et al.* (2004), do método de Eberhart e Russell (1966) e também do método Centróide (Rocha *et al.*, 2005), para análise dos 92 materiais genéticos. Os dados de produção de matéria seca foram submetidos ao ajuste de normalidade e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, à análise de variância, de adaptabilidade e estabilidade.

As análises estatísticas, teste de normalidade, análises de variância individuais e conjunta, análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica foram

realizadas por meio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 2006).

Resultados e discussão

Os dados analisados se ajustaram à distribuição normal (pelo teste de Lilliefors) e também apresentaram homogeneidade de variâncias (teste de Cochran), permitindo assim a realização da análise de variância conjunta sem necessidade de ajustes de graus de liberdade. Pelos resultados da análise de variância conjunta (Tabela 1), verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre genótipos e ambientes, premissa básica para a análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos materiais.

O resultado referente à análise dos dados pelo método tradicional (Tabela 2), indica que o genótipo WL 612, com menor valor de quadrado médio de ambientes genótipo⁻¹, foi o que teve menor variação na média dos cortes nos três ambientes, sendo o de maior estabilidade. Contudo, este genótipo apresentou média de produção de matéria seca baixa, comparativamente aos demais. Conforme Cruz *et al.* (2004), é muito provável que genótipos de menor quadrado médio de ambientes dentro de genótipos apresentem média reduzida.

Foi verificado também, para o método tradicional, que todos os valores de quadrado médio de ambientes dentro dos genótipos avaliados foram significativos pelo teste t a 5% de probabilidade, evidenciando estabilidade genotípica reduzida dos materiais.

Estabelecendo como critério de escolha, o genótipo que apresentasse melhor média produtiva e menor quadrado médio de ambientes dentro de genótipo, elegeu-se o genótipo Crioula com média de produção de matéria seca por corte igual a 1.745,34 kg ha⁻¹, além de reduzido valor do quadrado médio de ambientes dentro de genótipo. O genótipo Bacana também apresentou reduzido quadrado médio de ambientes dentro de genótipo, porém sua produção média de matéria seca foi 1.412,80 kg ha⁻¹.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta dos dados de matéria seca de 92 genótipos de alfafa provenientes do INTA-Argentina e avaliados em três ambientes durante do ano de 2004 até o ano de 2006, na Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, Estado de São Paulo.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos/Ambientes ⁻¹	27	380231333,16	14082641,97	
Genótipos (G)	91	100711239,41	1106716,92	6,52*
Ambientes (A)	2	572505243,99	286252621,99	20,33**
G x A	182	30879270,27	169666,32	2,68**
Resíduo	2457	155574062,08	63318,71	
Total	2759	1239901148,90		
Média (kg de matéria seca corte ha ⁻¹)			1309,40	
Coefficiente de Variação (%)			19,22	

* e ** - Significativo a 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

O resultado da análise de adaptabilidade e estabilidade, pela metodologia de Eberhart e Russell (Tabela 3), indicou que o genótipo LE N 4 foi o que apresentou elevado valor de $\hat{\beta}_0$ (ou média igual a 1834,83 kg de matéria seca corte ha⁻¹), e $\hat{\beta}_1$ igual a 1,015, porém o desvio da regressão estimado para este genótipo foi maior que zero, indicando baixa estabilidade deste material. Léo *et al.* (2005) também verificaram esse comportamento, relatando que, segundo Cruz *et al.* (2004), algumas vezes pode ocorrer que muitas cultivares, com média de rendimento elevada, apresentem desvios de regressão estatisticamente diferentes de zero, sendo, neste caso, necessária a seleção de cultivares do grupo em que a estabilidade for reduzida, utilizando o valor de R² como medida auxiliar, o que incluiria esse genótipo dentre os de melhor adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

Os genótipos P 5715 e Bárbara SP INTA foram os que apresentaram o melhor conjunto de características (média, adaptabilidade e estabilidade), sendo classificados como os de melhor padrão de resposta frente às variações ambientais, isto para a produção de matéria seca, tendo médias de 1597,47 e 1685,95 kg de matéria seca corte ha⁻¹, com β_1 e variância dos desvios da regressão (σ_d^2) estatisticamente iguais a um e zero, respectivamente.

Tabela 2. Adaptabilidade e estabilidade, pelo método tradicional, dos genótipos de maior adaptabilidade (média de produção de matéria kg ha corte⁻¹), entre os 92 genótipos avaliados.

Genótipos	Média (kg ha corte ⁻¹)	QM(A G _i ⁻¹)
WL 612	1060,88	1106165,36**
Crioula	1745,34	2348997,42**
LE N4	1834,83	3406915,92**
P 5715	1597,47	2931358,53**
Bárbara SP INTA	1685,95	3807863,46**
P 30	1800,76	3591887,34**
Rocio	1084,64	5528496,72**
Costera SP INTA	1045,93	5207511,23**
Bacana	1412,80	1327384,37**

QM(A G_i⁻¹): quadrado médio de ambientes dentro do i-ésimo genótipo; ** - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Vale ressaltar ainda que a metodologia de Eberhart e Russel poderia apresentar melhor eficácia se o número de ambientes fosse maior (Cruz *et al.*, 2004), como o número de ambientes foi três o número de pontos utilizados na regressão também foi três. Contudo, o valor dos índices ambientais (o qual estabelece os pontos das regressões) foram distintos, o que ameniza o emprego da análise de Eberhart e Russel neste trabalho, sendo os índices ambientais iguais a 592,44, -515,09 e -77,35 para os ambientes das águas de 2004/05 (1), das secas de 2005 (2) e das águas de 2005/06 (3), respectivamente.

Tabela 3. Adaptabilidade e estabilidade, pelo método de Eberhart e Russell, dos genótipos de maior adaptabilidade (média de produção de matéria kg ha⁻¹ corte⁻¹), entre os 92 genótipos avaliados.

Genótipos	$\hat{\beta}_{0i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}_d^2$	R ²
WL 612	1060,88	0,591**	-2525,11 ^{ns}	98,28
Crioula	1745,34	0,744*	118739,03**	73,38
LE N4	1834,83	1,015 ^{ns}	33791,85*	94,11
P 5715	1597,47	0,971 ^{ns}	-6239,06 ^{ns}	99,98
Bárbara SP INTA	1685,95	1,095 ^{ns}	9170,58 ^{ns}	97,96
P 30	1800,76	1,041 ^{ns}	37659,95**	93,88
Rocio	1084,64	1,332**	-5010,59 ^{ns}	99,88
Costera SP INTA	1045,93	1,274**	24777,34*	97,01
Bacana	1412,80	0,644**	731,94 ^{ns}	97,34

$\hat{\beta}_{0i}$ - média do i-ésimo genótipo; $\hat{\beta}_{1i}$ - coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação do ambiente; $\hat{\sigma}_d^2$ - desvio da regressão; R² - coeficiente de determinação.

Pelo método do centróide (Tabela 4), classificaram-se 36 dos 92 genótipos, como de adaptabilidade geral, porém, dentre estes, os materiais Crioula, LE N4 e P 30 apresentaram as maiores probabilidades (64, 81 e 75%, respectivamente) de pertencerem à classe I, ou seja, apresentarem adaptabilidade geral aos ambientes. Os genótipos de melhor comportamento nos ambientes das águas foram Rocio e Costera SP INTA com probabilidades de 35,7 e 35,0% de pertencerem a esta classe.

No período das secas, o genótipo Bacana foi o de maior adaptabilidade com 30% de probabilidade de pertencer ao grupo adaptado a ambientes desfavoráveis, sendo este genótipo o preferível para utilização no cultivo para período das secas. Esse genótipo apresentou média de produção de matéria seca de 1.412,80 kg corte ha⁻¹ (Tabela 4), superior à média geral do experimento. Das 92 variedades analisadas, 25 foram classificadas como passíveis de descarte, ou seja, com maior probabilidade de pertencer à classe dos genótipos pouco adaptados.

Tabela 4. Adaptabilidade e estabilidade, pelo método do centróide, dos genótipos apontados como de maior adaptabilidade e estabilidade pelas diferentes metodologias empregadas, dentre os 92 genótipos avaliados.

Genótipos	Média	Classificação	Prob(I)	Prob(II)	Prob(III)	Prob(IV)
WL 612	1060,88	IV	0,173	0,204	0,247	0,376
Crioula	1745,34	I	0,635	0,119	0,152	0,095
LE N4	1834,83	I	0,806	0,069	0,075	0,051
P 5715	1597,47	I	0,437	0,195	0,215	0,153
Bárbara SP INTA	1685,95	I	0,545	0,170	0,165	0,121
P 30	1800,76	I	0,745	0,092	0,097	0,067
Rocio	1084,64	II	0,171	0,357	0,165	0,308
Costera SP INTA	1045,93	II	0,165	0,350	0,162	0,323
Bacana	1412,80	III	0,298	0,201	0,300	0,202

Classe I - Adaptabilidade geral; Classe II - Adaptabilidade específica a ambientes das águas; Classe III - Adaptabilidade específica a ambientes das secas, Classe IV - Pouco adaptado; Prob (I) - Probabilidade de pertencer à classe I; Prob (II) - Probabilidade de pertencer à classe II; Prob (III) - Probabilidade de pertencer à classe III; e, Prob (IV) - Probabilidade de pertencer à classe IV.

O método tradicional apontou os genótipos Crioula e Bacana como os de melhor média de

produção de matéria seca por corte e com reduzido valor do quadrado médio de ambientes dentro de genótipo. O método de Eberhart e Russel apontou os genótipos P 5715, LE N4 e Bárbara SP INTA como os de melhor padrão de resposta frente às variações ambientais para a produção de matéria seca. Pelo método do centróide, os genótipos Crioula, LE N4 e P 30 apresentaram adaptabilidade geral aos ambientes.

A cultivar Crioula, utilizada como cultivar-padrão, apresentou adaptabilidade geral, assim como LE N4 e P 30 (método do centróide). Contudo, a cultivar-padrão não apresentou resposta significativa à melhoria do ambiente como as cultivares P 5715, LE N 4 e Bárbara SP INTA (método de Eberhart e Russel).

Conclusão

O genótipo LE N4 possui adaptabilidade geral (método do centróide), elevada média de produção e é responsivo à melhoria do ambiente para produção de matéria seca (método de Eberhart e Russel).

Os genótipos P 5715 e Bárbara SP INTA, além de apresentarem boa adaptabilidade, também apresentaram estabilidade de produção de matéria seca (método do centróide).

O genótipo Bacana foi o de melhor adaptabilidade ao ambiente das secas (método do centróide), com razoável média de produção de matéria seca e estabilidade (método tradicional), sendo uma boa opção para exploração de forragem durante o ano todo.

Referências

- CARVALHO, L.A.; VILELA, D. Produção artificial de feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) e seu uso na alimentação animal. In: CARVALHO, L.A.; VILELA, D. (Ed.). *Cultura da alfafa: estabelecimento, fenação, custo de produção e construção de um secador estático*. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1994. p. 13-20.
- COSTA, C. et al. Produção de matéria seca e composição bromatológica de 28 cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) em Botucatu-SP. *Vet. Zootec.*, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 42-51, 2006.
- CRUZ, C.D. *Programa Genes: biometria*. Viçosa: UFV, 2006.
- CRUZ, C.D. et al. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004.
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, Madison, v. 1, n. 5, p. 36-40, 1966.
- FERREIRA, R.P. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 34, p. 265-269, 2004.
- FERREIRA, R.P.; PEREIRA, A.V. Melhoramento de forrageiras. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 2005.

- LÉDO, F.J.S. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 29, n. 2, p. 409-414, 2005.
- MIRANDA, M.A.C. *et al.* Descrição, produtividade e estabilidade da cultivar de soja IAC-23, resistente a insetos. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2003.
- MONTEIRO, A.L.G. *et al.* Produção e distribuição de matéria seca e composição bromatológica de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 27, p. 868-874, 1998.
- ROCHA, R.B. *et al.* Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.
- ROSSE, L.N.; VENCovsky, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.
- VICENTE, D. *et al.* Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 26, n. 3, p. 301-307, 2004.

Received on February 28, 2007.

Accepted on June 04, 2007.