

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE ALFAFA AVALIADAS EM MINAS GERAIS

Adaptability and stability of alfalfa cultivars in Minas Gerais

Milton de Andrade Botrel², Antônio Ricardo Evangelista³, Maria Celuta Machado Viana⁴,
Antônio Vander Pereira¹, Fausto de Souza Sobrinho¹, Jackson Silva e Oliveira¹,
Deise Ferreira Xavier², Alexandre Bryan Heinemann¹

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa cultivadas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais (Zona da Mata, Zona Metalúrgica e Sul de Minas), quanto à produção de matéria seca de forragem. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Foi avaliada a produção de matéria seca de 27 cultivares de alfafa no período de 1995 a 1998. O estudo da adaptabilidade e estabilidade foi realizado por meio das metodologias de Eberhart & Russell (1966) e Lin & Binns (1988). Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as cultivares, os ambientes e a interação cultivar x ambiente, indicando que as cultivares apresentaram desempenho diferenciado diante das variações ambientais. Constatou-se que as cultivares que apresentaram as maiores produções de matéria seca, foram as de maior adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin & Binns. As cultivares Crioula e P-30 são recomendadas para cultivo no Estado de Minas Gerais.

INDEX TERMS: *Medicago sativa*, interação genótipo x ambiente, produção de forragem.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the adaptability and stability of forage dry matter production of alfalfa cultivars in three different regions in the State of Minas Gerais (Mata, Metalurgica and South). Twenty-seven cultivars of alfalfa were evaluated between 1995 and 1998 using randomized block design with three replications. Adaptability and stability were evaluated using Eberhart & Russel (1966) and Lin & Binns (1988) methodologies. Significant differences ($P < .01$) among cultivars, environments and the cultivar x environment interactions were observed, showing that cultivars performance is affected by environment. Cultivars with highest dry matter production showed the best adaptability and stability. Cultivars Crioula and P-30 should be recommended to be used in the State of Minas Gerais.

INDEX TERMS: *Medicago sativa* L., genotype environment interaction, yield forage.

(Recebido para publicação em 7 de junho de 2004 e aprovado em 4 de março de 2005)

INTRODUÇÃO

A alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma das mais antigas espécies forrageiras cultivadas, sendo intensivamente utilizada em países de pecuária leiteira, por constituir uma planta que reúne algumas das mais importantes características forrageiras como alta produtividade, qualidade protéica, palatabilidade, digestibilidade e capacidade de fixação de nitrogênio (Botrel et al., 1994; Vilela, 2001).

Na Região Sudeste do Brasil estão concentradas as maiores bacias leiteiras do País, e o Estado de Minas Gerais contribui com 30% do leite produzido (Zoccal, 1994). Nessa região vem ocorrendo a intensificação dos

sistemas de produção leiteira, que demandam a utilização de alimentos de alto valor nutritivo (Vilela, 1992). A alfafa pode ser uma boa opção de forrageira para esses sistemas, já que os resultados de pesquisas obtidos na Região Sudeste, demonstram que essa forrageira apresenta excelente potencial para produção de leite, tanto em corte como pastejo (Vilela, 2001).

Quando um indivíduo é avaliado em mais de um ambiente, o seu valor fenotípico pode apresentar, além da ação do efeito genotípico e do meio (ambiente) ao qual é submetido, um componente adicional denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais. A interação genótipos x ambientes constitui-se em uma das grandes dificuldades enfrentadas na recomendação

1. Engenheiro Agrônomo, Doutor – Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco – 36038-330 – Juiz de Fora, MG – ledo@cnpqgl.embrapa.br

2. Engenheiro Agrônomo, Mestre – Embrapa Gado de Leite.

3. Professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – aricardo@ufla.br

4. Pesquisadora da EPAMIG – 35701-970 – Sete Lagoas, MG – mcviana@uai.com.br

de cultivares, pois é responsável pelo comportamento dos genótipos que não mantêm o mesmo desempenho relativo nos diversos ambientes onde são cultivados (Cruz & Carneiro, 2003). Uma forma de amenizar sua influência é a realização de análises de adaptabilidade e estabilidade, que permitem identificar cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz & Regazzi, 1997).

Estudos sobre adaptabilidade e estabilidade têm sido rotineiramente utilizados na recomendação de cultivares em diversas culturas no Brasil. Com relação à alfafa, existem trabalhos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de cultivares, considerando como ambientes as diferentes épocas de cortes avaliados em um mesmo ensaio (FERREIRA et al., 2000, 2004), entretanto, esse tipo de análise não permite a recomendação de cultivares para uma região, já que para isso seria necessário utilizar como ambientes, os dados de produtividade obtidos em ensaios realizados em diferentes locais, dentro da região na qual se pretende recomendar as cultivares.

Realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa cultivadas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, quanto à produção de matéria seca de forragem.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no período de 1995 a 1998, no Campo Experimental de Coronel Pacheco da Embrapa Gado de Leite, localizado na Zona da Mata de Minas Gerais; na Universidade Federal de Lavras (UFLA), Sul de Minas; e na Fazenda Experimental Santa Rita da Epamig, localizada em Sete Lagoas, Zona Metalúrgica de Minas Gerais. Os ensaios faziam parte da Rede Nacional de Avaliação de Cultivares de Alfafa (Renacal), coordenada pela Embrapa Gado de Leite, e foram estabelecidos e conduzidos segundo uma metodologia padrão.

Foram avaliadas 27 cultivares de alfafa, pré-selecionadas pela Embrapa Gado de Leite, mediante introduções de outros países. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de cinco fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas de 30 cm, e área útil composta das três fileiras centrais, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade.

Em todos os ensaios empregou-se uma densidade de semeadura de 20 kg de sementes puras viáveis por hectare. As sementes foram previamente inoculadas

com *Rhizobium melilotii* BR 7407 proveniente da Embrapa Agrobiologia e peletizadas com calcário dolomítico. A adubação de plantio, assim como a correção do solo foram realizadas com base nos resultados das análises de solo e das recomendações para a cultura (CFSEMG, 1989). A semeadura foi realizada em sulcos de 2 cm de profundidade.

Após o plantio, quando a maioria das cultivares atingiram o pleno florescimento, foi realizado o corte de uniformização, a uma altura de 10 cm acima do solo. Em seguida, os cortes de avaliação foram realizados sempre mais de 50% das cultivares apresentavam pelo menos 10% de florescimento (aparecimento das primeiras flores). O número total de cortes realizados foram de 20, 15 e 28 para os ensaios conduzidos na Zona da Mata, Sul de Minas e Zona Metalúrgica, respectivamente. Quando necessário, foram realizadas irrigações complementares por aspersão, tomando-se como base a leitura de tensiômetro de cápsula porosa e em coluna de mercúrio (calibrado para 60% de umidade do solo), resultando, em média, uma frequência semanal de irrigação que correspondeu a uma lâmina d'água de 30 mm.

Neste estudo foram utilizados os dados médios de produção de matéria seca por corte, obtidos nos três ensaios. Na análise de variância conjunta, foram considerados os efeitos dos genótipos, além da média, como fixos e os demais aleatórios, conforme modelo apresentado por Cruz & Regazzi (1997). Na avaliação da adaptabilidade e estabilidade, foram utilizados os métodos de Eberhart & Russel (1966) e Lin & Binns (1988).

O método de Eberhart & Russel (1966) baseia-se no seguinte modelo de regressão linear: $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que: Y_{ij} é a média da cultivar i no ambiente j ; β_{0i} equivale à média geral da cultivar i ; β_{1i} corresponde ao coeficiente de regressão linear, cuja estimativa representa a resposta da cultivar i à variação do ambiente j ; I_j é o índice ambiental codificado; δ_{ij} equivale aos desvios da regressão; e $\bar{\epsilon}_{ij}$ corresponde ao erro experimental médio.

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados são a média da cultivar (β_{0i}) e o coeficiente de regressão linear (β_{1i}). De acordo com esta metodologia, a adaptabilidade corresponde à capacidade das cultivares aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente. São de adaptabilidade geral as cultivares com $\beta_{1i} = 1$, adaptabilidade específica a ambientes favoráveis aquelas com $\beta_{1i} > 1$ e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis aquelas com $\beta_{1i} < 1$. A estabilidade refere-se à previsibilidade da cultivar em relação ao modelo de regressão linear. São considerados estáveis as

cultivares com desvios de regressão não-significativos e instáveis aquelas com desvios significativos.

O método de Lin & Binns (1988) estima a estatística P_i , que é a medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento em um único parâmetro. O P_i é

estimado pela seguinte fórmula $P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$, em

que P_i é a estimativa de adaptabilidade e estabilidade da cultivar i ; X_{ij} é a produtividade da cultivar i no ambiente j ; M_j é a resposta máxima observada entre todas as cultivares no ambiente j ; n é o número de locais. Assim, o parâmetro P_i relaciona a distância da cultivar avaliada à cultivar que apresentou maior produtividade obtida em cada local, de modo que quanto menor o seu valor, maior será a adaptabilidade e estabilidade da cultivar em questão. As análises de estabilidade e adaptabilidade foram realizadas utilizando o programa GENES (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 1, verifica-se o resumo da análise de variância conjunta para o caráter produção de matéria seca (PMS). Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as cultivares, os ambientes (locais) e a interação cultivar x ambiente, indicando que as cultivares apresentaram desempenho diferenciado diante das variações ambientais. Assim, procedeu-se ao estudo mais detalhado do comportamento das cultivares frente a essas variações, por meio da análise de adaptabilidade e estabilidade.

Pela metodologia de Eberhart & Russel (1966), a cultivar ideal será aquela que apresentar alta produtividade, adaptabilidade geral ($\beta_{1i} = 1$) e boa estabilidade ($\sigma_{di}^2 = 0$). Das 27 cultivares avaliadas, apenas sete (Rio, BR 2, Falcon, SW 8210, MH 4, BR 3 e ICI 990) apresentaram adaptabilidade geral ($\beta_{1i} = 1$) e boa previsibilidade ($\sigma_{di}^2 = 0$), e destas somente a cultivar Rio estava entre as 10 cultivares com PMS superior (Tabela 2). Neste estudo, optou-se por não recomendar cultivares com adaptabilidade específica para ambientes favoráveis ($\beta_{1i} > 1$) ou desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$), devido ao pequeno número de ambientes (locais) utilizados.

Cultivares como Crioula e P-30, que nos três ensaios (locais) estiveram sempre entre as três cultivares com maiores PMS (análises individuais), foram apontadas pelo método de Eberhart & Russel (1966), como de baixa estabilidade (previsibilidade). Segundo Cruz & Regazzi (1994), algumas vezes pode ocorrer que muitas cultivares, com rendimento médio superior, apresentem σ_{di}^2 estatisticamente diferente de zero. Nesses casos, pode ser necessário a seleção das cultivares do grupo em que a estabilidade foi baixa, utilizando o coeficiente de determinação (R_i^2) como medida auxiliar. Assim, considerando apenas as cultivares com PMS superior, adaptabilidade geral ($\beta_{1i} = 1$) e com R_i^2 acima de 80%, foram selecionados também, as cultivares Crioula, P-30 e SW 8112A.

TABELA 1 – Resumo da análise de variância conjunta para a produção de matéria seca de forragem, avaliados em 27 cultivares de alfafa, em três locais.

| Fontes de variação | GL | Quadrados médios |
|------------------------------|-------------|------------------|
| Blocos/Ambientes | 6 | 380.587,26 |
| Ambiente | 2 | 8.904.590,81** |
| Cultivar | 26 | 267.787,19** |
| Cultivar x Ambiente | 52 | 63.632,93** |
| Resíduo | 156 | 15.265,12 |
| Média | 1.119 kg/ha | |
| Coefficiente de variação (%) | 11,04 | |

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 2 – Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelos métodos de Eberhart & Russel (1966) e Lin & Binns (1988), para a produção de matéria seca, avaliados em 27 cultivares de alfafa.

| Cultivares | Média ¹ (kg/ha/corte) | Eberhart & Russel ² | | | Lin & Binns P _i |
|-------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | $\hat{\beta}_{1i}$ | $\hat{\sigma}_{di}^2$ | R _i ² (%) | |
| Crioula | 1.627 a | 1,06 ^{ns} | 21.058 * | 90,49 | 140 |
| P-30 | 1.598 a | 1,10 ^{ns} | 57.282 ** | 80,96 | 1.626 |
| Rio | 1.295 b | 0,94 ^{ns} | 3.314 ^{ns} | 95,87 | 60.341 |
| 5715 | 1.254 b | 0,63 * | 0 ^{ns} | 99,22 | 82.032 |
| Florida 77 | 1.231 b | 1,07 ^{ns} | 68.721 ** | 77,22 | 117.014 |
| Monarca | 1.216 b | 0,95 ^{ns} | 66.133 ** | 73,41 | 122.617 |
| MH 15 | 1.143 b | 1,41 ** | 1.300 ^{ns} | 98,56 | 128.654 |
| Alto | 1.135 b | 0,63 * | 0 ^{ns} | 100,00 | 135.353 |
| SW 9210 A | 1.159 b | 0,63 * | 12.356 ^{ns} | 84,27 | 136.479 |
| SW 8112A | 1.145 b | 0,98 ^{ns} | 21.834 * | 88,62 | 141.410 |
| BR 2 | 1.088 c | 1,19 ^{ns} | 5.676 ^{ns} | 96,68 | 152.473 |
| Sutter | 1.086 c | 1,08 ^{ns} | 57.364 ** | 80,29 | 152.777 |
| WL 516 | 1.103 c | 0,56 ** | 0 ^{ns} | 99,97 | 156.957 |
| Alfa 200 | 1.044 c | 0,95 ^{ns} | 28.753 * | 85,47 | 176.381 |
| Valley Plus | 1.098 c | 0,63 * | 62.144 ** | 56,72 | 183.941 |
| Falcon | 1.050 c | 0,89 ^{ns} | 1.666 ^{ns} | 96,23 | 184.750 |
| El Grande | 1.065 c | 0,84 ^{ns} | 40.565 ** | 77,34 | 191.188 |
| 5888 | 1.026 c | 0,63 * | 0 ^{ns} | 99,26 | 192.624 |
| 5929 | 1.052 c | 0,76 ^{ns} | 24.243 * | 81,28 | 194.883 |
| Araucana | 1.012 c | 1,22 ^{ns} | 18.092 * | 93,42 | 196.901 |
| Semit 921 | 1.048 c | 0,63 * | 25.569 * | 75,85 | 200.411 |
| Maricopa | 1.003 c | 0,63 * | 91.992 ** | 79,32 | 206.017 |
| SW 8210 | 996 c | 1,23 ^{ns} | 0 ^{ns} | 99,86 | 213.572 |
| MH 4 | 991 c | 0,74 ^{ns} | 0 ^{ns} | 96,59 | 222.182 |
| BR 4 | 938 c | 0,63 * | 9.143 ^{ns} | 96,55 | 248.785 |
| BR 3 | 923 c | 0,90 ^{ns} | 6.378 ^{ns} | 93,92 | 256.530 |
| ICI 990 | 896 c | 1,16 ^{ns} | 0 ^{ns} | 98,43 | 285.315 |

¹Médias seguidas por letras distintas não diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Scott & Knott (1974).

²^{ns} Não-significativo. * e ** Significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t (H₀: $\beta_{1i} = 1,0$) e pelo teste F (H₀: $\sigma_{di}^2 = 0$).

Pelo método de Lin & Binns (1988), as cultivares de melhor adaptabilidade e estabilidade foram “Crioula” e “P-30”, que apresentaram estimativas de P_i 's bem inferiores às obtidas pelas demais cultivares, e em seguida, a cultivar “Rio” e “5715”. Das dez cultivares que apresentaram melhor adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin & Binns (1988), apenas a cultivar Rio foi classificada, pelo método de Eberhart & Russel (1966), como de adaptabilidade geral ($\beta_{1i} = 1$) e boa estabilidade ($\sigma^2_{di} = 0$).

Verificou-se também, que as dez cultivares com maiores PMS foram as que obtiveram menores P_i , ou seja, as cultivares que apresentaram comportamento médio superior para PMS foram as de melhor adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin & Binns (1988). Isso pode ser explicado pela forma como é estimada a estatística P_i , que considera como de maior adaptabilidade e estabilidade (menores P_i 's), as cultivares cujas produtividades, em cada ambiente, estejam mais próximos da máxima produtividade (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

A identificação das cultivares Crioula e P 30, como de boa adaptabilidade e estabilidade já era esperado, uma vez que outros ensaios realizados no Estado de Minas Gerais, constataram também, o elevado potencial forrageiro dessas duas cultivares para as condições edafoclimáticas de Minas Gerais (BOTREL et al., 2001; FERREIRA et al., 1999; SALES, 2001).

CONCLUSÕES

As cultivares de alfafa que apresentaram maior produção de matéria seca, foram as de maior adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin & Binns (1988).

As cultivares Crioula e P-30 apresentaram boa adaptabilidade e estabilidade, podendo ser recomendadas para cultivo no Estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; PASSOS, L. P.; VILELA, D. Potencial forrageiro da alfafa (*Medicago sativa* L.) nos trópicos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DA ALFAFA (*Medicago sativa* L.) NOS TRÓPICOS, 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1994. 224 p.
- BOTREL, M. A.; FERREIRA, R. de P.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Cultivares de alfafa em área de influência da Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1437-1442, nov. 2001.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1989. 176 p.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: versão windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v. 2, 585 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.
- FERREIRA, R. de P.; BOTREL, M. A.; CRUZ, C. D.; MIRANDA, M.; ROCHA, R.; VIANA, M. C. M.; ASSIS, G. M. L.; FERNANDES, E. N. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 743-755, jul./set. 2000.
- FERREIRA, R. de P.; BOTREL, M. A.; PEREIRA, A. V.; CRUZ, C. D. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 995-1002, jun. 1999.
- FERREIRA, R. de P.; BOTREL, M. A.; RUGGIERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; COELHO, A. D. F.; LÉDO, F. J. da S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 265-269, jan./fev. 2004.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.
- SALES, E. C. J. **Produtividade, composição bromatológica e degradabilidade ruminal de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 2001. 105 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

VILELA, D. Potencialidade da alfafa na Região Sudeste do Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 175, p. 50-53, 1992.

VILELA, D. Produção de leite em pastagens de alfafa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 211, p. 38-43, jul./ago. 2001.

ZOCCAL, R. **Leite em números**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL; Belo Horizonte: FAEMG, 1994. 131 p.