

Estimativas de parâmetros genéticos e de coeficientes de repetibilidade de caracteres forrageiros em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)

Rogério Figueiredo Daher^{1*}, Hernan Maldonado², Antônio Vander Pereira³, Antônio Teixeira do Amaral Junior¹, Messias Gonzaga Pereira¹, Cláudia Fortes Ferreira⁴, Semíramis Rabelo Ramalho Ramos⁵, Flávio Dessaune Tardin¹ e Marlon Peres da Silva¹

1LMGV/CCTA, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Albetto Lamego, 2000, Horto, 28015-620, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. 2LZNA/CCTA, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Albetto Lamego, 2000, Horto, 28015-620, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. 3Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610, 36038-330, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. 4Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa, s/n, CP 007, 44380-000, Cruz das Almas, Bahia. 5Embrapa Meio Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, 64006-220, Teresina, Piauí, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rogdahe@uenf.br

RESUMO. Avaliaram-se dezessete clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) num delineamento em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, de fevereiro de 1995 a dezembro de 1997, totalizando 12 cortes (medidas repetidas no tempo), no município de Campos dos Goytacazes, RJ. Objetivou-se obter estimativas de parâmetros genéticos e de coeficientes de repetibilidade das variáveis produção de matéria seca (PMS), altura média das plantas (ALT), diâmetro médio do colmo (DC) e número de perfilhos por metro linear (NP). Os valores de coeficiente de determinação genotípica (H^2) variaram amplamente, desde 33,49% para PMS até 84,34% para ALT. Devem ser realizadas, pelo menos, nove, cinco, três e duas medições considerando as características PMS, ALT, DC e NP, respectivamente, para prever o valor real dos genótipos, com base no coeficiente de determinação preestabelecido de 80%.

Palavras-chave: capim-elefante, clones, coeficientes de repetibilidade, parâmetros genéticos, produção de matéria seca.

ABSTRACT. **Estimation of genetic parameters and repeatability coefficients of forage characters in elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) clones.** Seventeen clones of elephant-grass were evaluated in a randomized block experimental design using split-plots, with 4 replications, from February/95 to December/97, resulting in 12 cuts (as environments), in the municipality of Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil. The aim of this study was to obtain estimates of genetic parameters and repeatability coefficients of the following variables: dry matter production (DMP), height (H), stem diameter (SD) and number of tillers per meter (TN). The genotypic determination coefficient (H^2) values varied from 33,49% (DMP) to 84,34% (H). Nine, five, three and two measures for the traits DMP, H, SD and TN, respectively, were enough to predict the real value of genotypes, for a coefficient of determination of 80%.

Key words: elephantgrass, clones, repeatability coefficients, genetic parameters, dry matter production.

Introdução

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), descoberto no início do século XX pelo Coronel Napier (Bennet, 1976), é nativo de regiões de solos de maior fertilidade da África Tropical, com pluviosidade média superior a 1000mm anuais. O possível centro de diversidade abrange desde Guiné, a oeste, até Moçambique e sul do Quênia, a leste, incluindo Angola e Rodésia (atual Zimbábue), ao sul (Brunken, 1977).

Essa espécie foi introduzida no Brasil por volta de 1920 por meio de mudas provenientes de Cuba e é, atualmente, uma das forrageiras mais difundidas em

todo o país. (Otero, 1961; Carvalho, 1996). A sua propagação é, basicamente, vegetativa, e se realiza por pedaços de colmo (Otero, 1961). Dessa forma, a identidade das cultivares é preservada a cada geração, garantindo, freqüentemente, uma população uniforme de plantas. O melhoramento do capim-elefante, com base no aproveitamento do vigor híbrido (heterose), constitui-se em um processo simplificado dado, a possibilidade de se fixar um determinado genótipo e multiplicá-lo por propagação vegetativa.

O programa de melhoramento que a Embrapa Gado de Leite vem desenvolvendo tem explorado a obtenção de híbridos intraespecíficos com grande

êxito. Entre as novas combinações obtidas, diversos clones têm se destacado em relação às cultivares tradicionais. Os resultados das primeiras avaliações têm mostrado que a maioria desses clones apresentam melhor comportamento que as testemunhas locais (Pereira *et al.*, 1997; Meirelles *et al.*, 1997; Daher *et al.*, 1997).

Um dos resultados mais expressivos deste trabalho foi o lançamento recente, de uma nova cultivar de capim-elefante destinada ao uso sob pastejo, denominada Pioneiro (Pereira *et al.*, 1997). Essa cultivar, a primeira desenvolvida para utilização no sistema de pastejo, tem sido distribuída e avaliada em diversas regiões do País, demonstrando bom comportamento.

Em experimentos em que são realizados cortes sucessivos e avaliações periódicas de cultivares ao longo do tempo, torna-se possível a obtenção de estimativas importantes, como parâmetros genéticos e coeficientes de repetibilidade, indispensáveis para orientar os trabalhos de melhoramento, os quais, no entanto ainda são raros em plantas forrageiras.

Ao se escolher um genótipo, espera-se que sua superioridade inicial perdure durante toda a sua vida. A veracidade dessa expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade, que permite ainda determinar o número de observações fenotípicas que devem ser feitas, com eficiência e um mínimo de custo e mão de obra (Cruz e Regazzi, 2001).

O conhecimento de parâmetros genéticos, tais como o coeficiente de determinação genotípica (H^2), o componente de variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$) e o índice de variação (razão CV_g/CV), controlando um determinado caráter, é de grande importância para o melhorista, uma vez que orienta a escolha do método de melhoramento mais adequado à cultura, maximizando ganhos com seleção (Vencovsky e Barriga, 1992; Cruz e Regazzi, 2001).

Os objetivos deste trabalho consistiram em obter estimativas de parâmetros genéticos e de coeficientes de repetibilidade das variáveis produção de matéria seca, altura média das plantas, diâmetro médio do colmo e número de perfilhos por metro linear de clones de capim-elefante de um total de 12 cortes realizados no período de dois anos nas condições edafoclimáticas do norte do estado do Rio de Janeiro.

Material e métodos

Foram utilizados 17 clones (híbridos intraespecíficos) de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), provenientes da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Estado de Minas Gerais.

O experimento foi conduzido nas dependências do Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, localizado no município de Campos dos Goytacazes, a 21° 44'47'' de latitude Sul, 41°18'24'' de longitude Oeste

e altitude de 12m do nível do mar, região fisiográfica do norte do Estado do Rio de Janeiro, RJ, em um solo de terraço, classificado como Latossolo Amarelo (Embrapa, 1999), distrófico, textura arenosa, no período de fevereiro de 1995 a dezembro de 1997, totalizando 12 cortes. Conforme o sistema de classificação de Köppen (1948), citado por Ometto (1981), o clima da região Norte Fluminense é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período seco no inverno e chuvoso no verão, com precipitação anual em torno de 1020mm.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, com 4 repetições, tendo nas parcelas os 17 genótipos (clones) e nas subparcelas os 12 cortes. Os clones avaliados neste trabalho provieram do programa de melhoramento de capim-elefante da Embrapa Gado de Leite. A parcela foi composta por 4 linhas de 4m espaçadas de 1m, sendo consideradas bordaduras as duas linhas das extremidades e, como área útil da parcela, consideraram-se os 2m centrais das 2 linhas do interior da parcela, desprezando-se 1m em cada extremidade de cada linha central, totalizando-se, assim, 4m quadrados.

Análises efetuadas antes da instalação do experimento revelaram as seguintes características: pH (em água) 5,0; fósforo disponível (ppm) 11,0; potássio (ppm) 2,0; Ca+Mg (meq/100cm³) 4,3; Al trocável (meq/100cm³) 0,2 e matéria orgânica (%) 2,5. Procedeu-se à calagem na dose de 2 t/ha de calcário dolomítico. O plantio foi realizado em 17/02/95, por meio de plantas inteiras, dispostas pé com ponta, em fileiras duplas, em sulcos de 10cm de profundidade, acompanhado da seguinte adubação: 100kg/ha de P₂O₅, 30kg/ha de K₂O e 15kg/ha de N, incorporada no fundo do sulco. Após 50 dias do plantio, complementou-se a adubação com cobertura de 30kg/ha de K₂O e 25kg/ha de N e, em 22/06/95, realizou-se o corte de uniformização. Após cada corte, foi efetuada adubação em cobertura com 60kg/ha de K₂O e 50kg/ha de N e uma adubação fosfatada no início da época das águas (100kg/ha de P₂O₅).

As características avaliadas foram:

- a) produção de matéria seca (MS), em kgMS/ha.corte (PMS);
- b) altura média das plantas, expressa em m (ALT);
- c) diâmetro médio do colmo, expresso em cm, tomado a uma altura de 10cm do solo, por meio de um paquímetro (DC); e
- d) número de perfilhos por metro linear (NP).

Como os resultados obtidos são válidos apenas para os materiais genéticos em questão, considerou-se como fixo o efeito de genótipo (clones) e como aleatórios os efeitos de blocos e de ambientes (cortes) no modelo estatístico de parcelas subdivididas, conforme descrito a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_a + C_k + \varepsilon_b + GC_{ik} + \varepsilon_c$$

em que:

Y_{ijk} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco, no k-ésimo corte;

μ = média geral do ensaio;

G_i = efeito fixo do i-ésimo genótipo;

B_j = efeito do j-ésimo bloco;

ε_a = efeito do erro a associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

C_k = efeito aleatório do k-ésimo corte;

ε_b = efeito do erro b associado ao j-ésimo bloco no k-ésimo corte;

GC_{ik} = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o k-ésimo corte;

ε_c = efeito do erro c associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco, no k-ésimo corte;

$\varepsilon_a, \varepsilon_b \text{ e } \varepsilon_c \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_{a,b,c}}^2)$.

O esquema da análise de variância com as esperanças dos quadrados médios $[E(QM)]$, foi realizado segundo Steel *et al.* (1997). A hipótese testada pela estatística F é $H_0: G_i = 0$, para todo i.

As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas considerando-se as seguintes expressões:

a) Variabilidade genotípica

$$\hat{\phi}_g = \frac{QMG + QM\varepsilon_c - (QM\varepsilon_a + QMGC)}{rc}$$

b) Variância fenotípica

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{rc}$$

c) Variância do corte

$$\hat{\sigma}_c^2 = \frac{QMC - QM\varepsilon_b}{rg}$$

d) Variância da interação genótipos x cortes

$$\hat{\sigma}_{gc}^2 = \frac{QMGC - QM\varepsilon_c}{r}$$

e) Coeficiente de determinação genotípica

$$H^2 = \frac{\hat{\phi}_g}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{QMG + QM\varepsilon_c - (QM\varepsilon_a + QMGC)}{QMG}$$

f) Coeficiente de variação genético

$$\hat{CV}_G = \frac{100\sqrt{\hat{\phi}_g}}{\hat{\mu}}$$

g) Coeficiente de variação associado ao erro a (experimental)

$$\hat{CV}_{\varepsilon_a} = \frac{100\sqrt{QM\varepsilon_a}}{\hat{\mu}}$$

As análises (estimativas) de repetibilidade foram realizadas a partir da média das repetições. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + C_j + \varepsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = média do i-ésimo genótipo no j-ésimo corte;

μ = média geral do ensaio;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo confundido com as influências permanentes do ambiente (corte);

C_j = efeito do c-ésimo corte;

ε_{ij} = efeito aleatório que envolve outras causas de variação não incluídas no modelo.

Foram obtidos coeficientes de repetibilidade com base em 4 métodos distintos: análise de variância, componentes principais (obtidos a partir da matrizes de correlação e de covariância) e análise estrutural (obtido com base no autovalor teórico da matriz de correlações), buscando maior confiabilidade nas estimativas obtidas.

Método da análise de variância:

$$r = \frac{Cov(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\phi}_g}{\hat{\phi}_g + \hat{\sigma}^2}$$

sendo: $\hat{\phi}_g = (QMG - QMR) / \eta$; e

$$\hat{\sigma}^2 = QMR$$

em que:

QMG = quadrado médio associado ao efeito do genótipo;

QMR = quadrado médio associado à variação aleatória;

η = número de cortes realizados ($\eta = 12$).

Método dos componentes principais (com base em matriz de correlações)

Esta estimativa é alcançada a partir da correlação entre valores de genótipos obtidos em cada par de medições obtido nos cortes (matriz R). Por esse método obtém-se os autovalores e os autovetores normalizados de R. O autovetor, cujos elementos apresentam o mesmo sinal e magnitudes próximas, é aquele que expressa a tendência dos genótipos em manter suas posições relativas nos vários intervalos de corte (Abeywardena, 1972). Com base nesse autovalor, estima-se o coeficiente de repetibilidade (Rutledge, 1974):

$$r = \frac{\hat{\lambda}_1 - 1}{\eta - 1}$$

em que:

$\hat{\lambda}_1$ = autovalor associado ao autovetor R, cujos elementos têm o mesmo sinal e magnitudes semelhantes

Método dos componentes principais (com base em matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas)

Considera-se, nesse caso, a matriz paramétrica (Γ) de variâncias e covariâncias fenotípicas cujo autovalor $\hat{\lambda}_1$ é dado por $\sigma_Y^2 [1 + (\eta - 1)\rho]$.

O estimador do coeficiente de repetibilidade, com

base na matriz $\hat{\Gamma}$, é obtido por meio de:

$$\hat{r} = \frac{\hat{\lambda}_1 - \hat{\sigma}_Y^2}{\hat{\sigma}_Y^2 (\eta - 1)}, \text{ em que}$$

$$\hat{\sigma}_Y^2 = \hat{\phi}_G^2 + \hat{\sigma}^2;$$

$\hat{\lambda}_1$ = autovalor associado ao autovetor $\hat{\Gamma}$ cujos elementos têm o mesmo sinal e magnitudes semelhantes e

η = número de cortes avaliados.

Método da análise estrutural

Conforme Mansour *et al.* (1981), esta estimativa é dada por:

$$r = \frac{\alpha' \hat{R} \alpha - 1}{\eta - 1}$$

sendo:

α' = autovetor com elementos paramétricos, associado ao maior autovalor da matriz de correlação

uniforme, dado por $\alpha' = \left[\frac{1}{\sqrt{\eta}} \dots \frac{1}{\sqrt{\eta}} \right]$.

O número mínimo de medições necessárias para prever o valor real dos indivíduos, com base em um coeficiente de determinação (R^2) pré-estabelecido (0,80, 0,90 e 0,95), foi calculado conforme proposto por Cruz e Regazzi (2001):

$$\eta_o = \frac{R^2 (1 - r)}{(1 - R^2) r}$$

em que:

η_o = número de medições para predição do valor real;

r = coeficiente de repetibilidade obtido de acordo com uma das diferentes metodologias utilizadas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa computacional GENES (Cruz, 2004).

Resultados e discussão

Análise de variância

Os valores de quadrados médios de resíduo (QMR) obtidos das análises de variância individuais (por ambiente) para cada característica avaliada indicaram o alto grau de heterogeneidade das variâncias nos ambientes avaliados, impossibilitando a inclusão de todos os doze ambientes na análise de variância conjunta. Considerando como aceitável a proporção 7:1 para a relação entre o maior e o menor valor de QMR (Cruz e Regazzi, 2001), procedeu-se ao descarte de ambientes até a obtenção de homogeneidade de variâncias, permitindo-se a utilização dos ambientes restantes na análise de variância conjunta.

Após o descarte de 4 ambientes, procedeu-se à análise, relatando-se a ocorrência de interação clone x

corte ($P < 0,05$), indicando que períodos de crescimento diferentes podem provocar respostas diferentes no comportamento das características avaliadas.

Os resultados das análises de variância conjunta de 8 cortes relativos às características PMS, ALT, NP e DC são apresentados na Tabela 1. Verificou-se a existência de diferenças significativas, pelo teste F ($P < 0,01$), para as fontes de variação clones (genótipos), cortes (ambientes) e interação clone x corte para todas as 4 características avaliadas, excetuando-se a fonte de variação clones (genótipos) para PMS ($P > 0,05$).

O efeito significativo das fontes de variação corte e interação clone x corte indica uma grande heterogeneidade de condições ambientais, traduzindo-se na ocorrência de períodos considerados favoráveis e desfavoráveis, geralmente ligados às épocas das águas e da seca, aliados ao desempenho irregular dos clones ao longo dos períodos, acarretando ocorrência de interação genótipos x ambientes.

Os valores de coeficiente de variação experimental (CV) encontrados para as características PMS, ALT, NP e DC foram 46,7820; 13,3349; 38,7505 e 9,2373%, respectivamente. O alto valor de CV para NP também foi acompanhado de elevado valor de coeficiente de variação genético (CV_g), reduzindo, assim, a magnitude do efeito ambiental que atua sobre os genótipos. No entanto, para PMS, o alto valor de CV seguido de reduzido valor de coeficiente de variação genético demonstra a necessidade de maior controle ambiental visando minimizar a influência do meio no processo de discriminação dos genótipos. Dessa forma, observaram-se valores de razão CV_g/CV de 0,1858; 0,4452; 0,3435 e 0,6078 respectivamente para PMS, ALT, NP e DC, indicando que ganhos seletivos são maiores em DC, menores em PMS, e intermediários em ALT e NP.

Tabela 1. Resumo das análises de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais das variáveis produção de matéria seca (PMS), altura média das plantas no corte (ALT), número de perfilhos por metro linear (NP) e diâmetro do colmo (DC), considerando 8 cortes realizados em 17 clones de capim-leão.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		PMS	ALT	NP	DC
Bloco	3	2,3289	0,1930	290,4759	0,1884
Genótipo	16	3,4039 ns	0,5099**	401,2619**	0,1408**
Erro a	48	1,7554	0,0508	61,2414	0,0104
Corte	7	32,7699 **	4,9447**	1183,0472**	1,4790**
Erro b	21	2,3360	0,0460	80,0890	0,1344
Interação Genótipo x Corte	112	1,2690 **	0,0446**	33,2954**	0,0455**
Erro c	336	0,7604	0,0156	16,8953	0,0213
Componente de variabilidade genotípica		0,0356	0,0134	10,1131	0,0037
Componente de variância do corte		0,4475	0,0720	16,2199	0,0197
Componente de variância da interação		0,1196	0,0068	3,8588	0,0057
Coeficiente de determinação genotípica - %		33,4900	84,3416	80,6507	75,3521
Coeficiente de variação genético (%)		6,6645	6,8588	15,7470	5,5602
Coeficiente de variação experimental - erro a (%)		46,7820	13,3349	38,7505	9,2373
Razão CV_g/CV		0,1424	0,5143	0,4063	0,6019

Estimativas de parâmetros genéticos

Os valores de coeficiente de determinação genotípica (H^2) dos caracteres PMS, ALT, NP e DC foram, respectivamente, 33,49; 84,34; 80,65 e 75,35%, apresentando-se, de maneira geral, concordantes com os valores obtidos da razão CV_g/CV (Tabela 1). Pereira *et al.* (2002), avaliando 79 genótipos de capim-elefante com o intervalo de corte de 60 dias, encontraram estimativas de herdabilidade variando desde 33% (percentagem de matéria seca do caule) até 83% (relação caule/folha), resultados estes similares ao deste trabalho. O baixo valor de H^2 observado para PMS é um indicativo da elevada interação dos genótipos com o ambiente (cortes), exigindo do melhorista a necessidade de definição de procedimentos experimentais mais adequados a fim de elevar o controle ambiental, além da escolha de métodos de melhoramento indicados para esses casos, como o uso de variedades sintéticas ou hibridações.

Análise de repetibilidade

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{r}$), dos coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculado (η_0), para as variáveis produção de matéria seca (PMS), altura média das plantas no corte (ALT), número de perfilhos por metro linear (NP) e diâmetro do colmo (DC), utilizando os métodos da análise de variância (ANOVA), dos componentes principais baseado nas matrizes de correlações (CPCOR) e de covariância (CPCOV) e da análise estrutural baseada nas matrizes de correlações (r médio) (AECOR), considerando 12 cortes realizados em 17 clones de capim-elefante, encontram-se nas Tabelas 2 a 5.

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{r}$), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculado (η_0), para a variável produção de matéria seca (PMS), utilizando os métodos da análise de variância (Anova), dos componentes principais baseado nas matrizes de correlações (CPCOR) e de covariância (CPCOV) e da análise estrutural baseada na matriz de correlações (r médio) (AECOR) considerando 12 cortes realizados em 17 clones de capim-elefante.

Métodos empregados	Coeficiente de repetibilidade ($\hat{r}$) estimado	Valor de R^2 (%)	Número de medições necessárias para respectivos coeficientes de determinação	
			R^2	η_0
Análise de variância (Anova)	0,1901	73,79	0,80	18 (17,043)
			0,90	39 (38,346)
			0,95	81 (80,953)
Componentes principais baseado em matriz de correlações (CPCOR)	0,3576	86,98	0,80	8 (7,186)
			0,90	17 (16,169)
			0,95	35 (34,135)

Componentes principais baseado em matriz de covariâncias (CPCOV)	0,6722	96,09	0,80	2 (1,951)
			0,90	5 (4,390)
			0,95	10 (9,267)
Análise estrutural baseada em matriz de correlações (AECOR)	0,2989	83,65	0,80	10 (9,383)
			0,90	22 (21,111)
			0,95	45 (44,568)
Média	0,3797	85,13	0,80	9 (8,891)
			0,90	20 (20,004)
			0,95	42 (42,231)

De um modo geral, observou-se que a variável produção de matéria seca (PMS), de maior importância do ponto de vista de seleção de genótipos, apresentou a menor estimativa de coeficiente de repetibilidade (média dos quatro métodos empregados), com um valor aproximado de $\hat{r}$ próximo de 0,3797, seguida da variável altura (ALT), que apresentou $\hat{r}$ médio de 0,4882. As variáveis número de perfilhos por metro linear (NP) e diâmetro do colmo (DC) apresentaram valores médios de $\hat{r}$ respectivamente de 0,6337 e 0,6572, sendo muitos similares entre si e bastante superiores aos encontrados para PMS e ALT.

Considerando as estimativas do coeficiente de repetibilidade obtidas pelos métodos utilizados para cada variável, constatou-se que as estimativas obtidas pelo método da análise de variância foram sempre menores ou iguais às estimativas obtidas pelos demais métodos e que as estimativas obtidas pelo método dos componentes principais, baseado na matriz de covariâncias, foram maiores ou iguais às obtidas pelos outros métodos. Esses resultados são concordantes com a literatura, citando Shimoya *et al.* (2002) em germoplasma de capim-elefante, Botrel *et al.* (2000), Ferreira *et al.* (1999) e Pereira *et al.* (1998), em cultivares de alfafa; Lopes *et al.* (2001), em aceroleira e Cornacchia *et al.* (1995) em *Pinus*.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{r}$), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculado (η_0) para a variável altura média das plantas (ALT), utilizando os métodos da análise de variância (ANOVA), dos componentes principais baseado nas matrizes de correlações (CPCOR) e de covariância (CPCOV) e da análise estrutural baseada na matriz de correlações (r médio) (AECOR), considerando 12 cortes realizados em 17 clones de capim-elefante.

Métodos empregados	Coeficiente de repetibilidade ($\hat{r}$) estimado	Valor de R^2 (%)	Número de medições necessárias para respectivos coeficientes de determinação	
			R^2	η_0
Análise de variância (Anova)	0,4356	90,25	0,80	6 (5,183)
			0,90	12 (11,661)
			0,95	25 (24,618)
Componentes principais baseado em matriz de correlações (CPCOR)	0,4959	92,19	0,80	5 (4,065)
			0,90	10 (9,147)
			0,95	20 (19,311)
Componentes principais baseado em matriz de covariâncias (CPCOV)	0,5356	93,26	0,80	4 (3,469)
			0,90	8 (7,805)
			0,95	17 (16,476)
Análise estrutural baseada em matriz de correlações (AECOR)	0,4857	91,89	0,80	5 (4,235)
			0,90	10 (9,530)
			0,95	21 (20,118)

Média	0,4882	91,90	0,80	5 (4,238)
			0,90	10 (9,536)
			0,95	21 (20,131)

Em termos de discrepâncias das estimativas de coeficiente de repetibilidade obtidas, encontrou-se o maior valor na variável produção de matéria seca, em que a diferença entre as estimativas obtidas pelo método dos componentes principais, baseado na matriz de covariâncias, e as do método da análise de variância foi de 0,4821, seguida das variáveis diâmetro do colmo (0,2609), altura média das plantas no corte (0,1000) e número de perfilhos por metro linear (0,0850).

Tabela 4. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{r}$), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições, calculado (n_0) para a variável número de perfilhos por metro linear (NP), utilizando os métodos da análise de variância (Anova), dos componentes principais baseado nas matrizes de correlações (CPCOR) e de covariância (CPCOV) e da análise estrutural baseada na matriz de correlações (r médio) (AECOR), considerando 12 cortes realizados em 17 clones de capim-elefante.

Métodos empregados	Coeficiente de repetibilidade ($\hat{r}$) estimado	Valor de R^2 (%)	Número de medições necessárias para respectivos coeficientes de determinação	
			R^2	n_0
Análise de variância (Anova)	0,5864	94,45	0,80	(3) 2,821
			0,90	(7) 6,348
			0,95	(14) 13,402
Componentes principais baseado em matriz de correlações (CPCOR)	0,6400	95,52	0,80	(3) 2,251
			0,90	(6) 5,065
			0,95	(11) 10,692
Componentes principais baseado em matriz de covariâncias (CPCOV)	0,6714	96,08	0,80	(2) 1,958
			0,90	(4) 4,405
			0,95	(10) 9,300
Análise estrutural baseada em matriz de correlações (AECOR)	0,6371	95,47	0,80	(3) 2,278
			0,90	(6) 5,126
			0,95	(11) 10,822
Média	0,6337	95,38	0,80	(3) 2,327
			0,90	(6) 5,236
			0,95	(12) 11,054

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{r}$), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições, calculado (n_0) para a variável diâmetro do colmo (DC), utilizando os métodos da análise de variância (Anova), dos componentes principais baseado nas matrizes de correlações (CPCOR) e de covariância (CPCOV) e da análise estrutural baseada também na matriz de correlações (r médio) (AECOR), considerando 12 cortes realizados em 17 clones de capim-elefante.

Métodos e empregados	Coeficiente de repetibilidade ($\hat{r}$) estimado	Valor de R^2 (%)	Número de medições necessárias para respectivos coeficientes de determinação	
			R^2	n_0
Análise de variância (Anova)	0,5683	91,33	0,80	(4) 3,039
			0,90	(7) 6,837
			0,95	(15) 14,435
Componentes principais baseado em matriz de correlações (CPCOR)	0,5683	91,33	0,80	(2) 1,827
			0,90	(5) 4,110
			0,95	(9) 8,676
Componentes principais baseado em matriz de covariâncias (CPCOV)	0,8292	97,49	0,80	(1) 0,824
			0,90	(2) 1,854
			0,95	(4) 3,914

Análise estrutural baseada em matriz de correlações (AECOR)	0,6632	94,03	0,80	(3) 2,031
			0,90	(5) 4,570
			0,95	(10) 9,647
Média	0,6572	93,54	0,80	(2) 1,930
			0,90	(5) 4,343
			0,95	(10) 9,168

O menor valor de repetibilidade encontrado para a variável produção de matéria seca (estimativa de coeficiente de repetibilidade r igual a 0,1901 pelo método da análise de variância - Tabela 2), aliado à maior discrepância dentre as estimativas de coeficiente de repetibilidade obtidas, evidenciam a baixa regularidade na repetição dessa variável de um ciclo para outro, refletindo na necessidade de um elevado número de medições para se alcançar alta confiabilidade nas médias obtidas. Brown e Glaz (2001), avaliando a produção de cana de açúcar no sul da Flórida, EUA, relataram estimativas médias de coeficientes de repetibilidade um pouco superiores às obtidas neste trabalho, da ordem de 0,61 a 0,53, variando em função do número de repetições utilizado em cada experimento (8 e 4 quatro repetições, respectivamente).

A predição do valor real, expressa pelo coeficiente de determinação para a variável PMS (Tabela 2), pode ser considerada satisfatória nas estimativas obtidas pelos métodos empregados, exceto para o método da análise de variância, cujo coeficiente ($R^2 = 73,79\%$) foi relativamente inferior aos das demais. Dessa forma, desconsiderando a estimativa obtida pelo método da análise de variância, serão necessários, em média, 7 cortes para que seja alcançado um limite mínimo de R^2 igual a 83,65% (Tabela 2). Botrel *et al.* (2000), nas localidades de Coronel Pacheco e Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais, e Ferreira *et al.* (1999), em Coronel Pacheco, alcançaram resultados semelhantes na avaliação de cultivares de alfafa, indicando um número mínimo de 7 cortes considerando como critério satisfatório níveis de 90% e 80%, respectivamente.

Quanto à altura média das plantas, em que as estimativas de coeficientes de repetibilidade mostraram-se pouco discrepantes e com valor médio de $\hat{r}$ superior a PMS, porém inferior a NP e DP, seriam necessários 12 e 6 cortes a partir da estimativa obtida pelo método da Anova e 8 e 4 cortes pela estimativa do coeficiente de repetibilidade obtida pelo método dos componentes principais, baseado na matriz de covariância para se alcançar um coeficiente de determinação superior a 90% e 80%, respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas pelos quatro métodos para número de perfilhos por metro linear (Tabela 4) e diâmetro do colmo (Tabela 5) apresentaram-se, em média, bastante elevadas, com valores de coeficiente de determinação superiores a 94,45% e 91,33%, respectivamente. Os altos valores das estimativas de

coeficiente de repetibilidade encontrados indicam boa regularidade na repetição dos caracteres de uma etapa de medição para outra, sendo que um número mínimo de 3 e 2 cortes para ALT e NP será necessário para a obtenção de valores reais com 80% de certeza. Para um coeficiente de determinação de 90%, o número de cortes se eleva para 6 e 5, respectivamente. Brown e Glaz (2001) relataram, para característica número de plantas de cana de açúcar por metro linear, resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, com estimativas de coeficiente de repetibilidade de 0,74 a 0,76 (8 e 4 repetições, respectivamente).

Com relação à predição do valor genético alcançado com o número total de 12 cortes efetivamente realizados na condução do experimento, pode-se afirmar que foram obtidos valores de R^2 iguais a 95% apenas para NP e DC, enquanto que ALT alcançou 90% e PMS, o reduzido valor de 80%.

Quanto ao número de medições necessárias para prever o valor real dos genótipos, com base no coeficiente de determinação preestabelecido de 80 %, considerado adequado por Cruz & Reggazi (2001), verificou-se que, em média de quatro métodos, devem ser realizadas, pelo menos, 9, 5, 3 e 2 medições, considerando as características produção de matéria seca (PMS), altura média das plantas (ALT), diâmetro médio do colmo (DC) e número de perfilhos por metro linear (NP), respectivamente.

Conclusão

A variabilidade genética observada entre os clones de capim-elefante avaliados torna possível o melhoramento para as características altura média das plantas, número de perfilhos por metro linear e diâmetro do colmo.

Os doze cortes realizados neste experimento permitiram predições do valor genético dos clones com coeficiente de determinação próximos de 95% para número de perfilhos por metro linear, 90% para altura das plantas e o reduzido valor de 80% para as variáveis produção de matéria seca e diâmetro médio do colmo, sugerindo investimentos em maior controle ambiental.

Devem ser realizadas, pelo menos, 9, 5, 3 e 2 medições, considerando as características produção de matéria seca, altura média das plantas, diâmetro médio do colmo e número de perfilhos por metro linear, respectivamente.

Referências

- ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. *J. Genet.*, Haijderabad, v.61, p.27-51, 1972.
- BENNET, H. W. Pasto Johnson, pasto alfombra y otras gramíneas para el sur humedo de los Estados Unidos. In: HUGUES, H.D. *et al. Forrajes*. México: C.E.C.S.A., 1976. Cap. 29, p.321-334.

- BOTREL, M. A. *et al.* Estimativas de coeficientes de repetibilidade para produção de matéria seca em cultivares de alfafa, sob diferentes ambientes. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.47, n.274, p.651-663, 2000.

- BROWN, J. S.; GLAZ, B. Analysis of resource allocation in final stage sugarcane clonal selection. *Crop Sci.*, Madison, v. 41, p.57-62, 2001.

- BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Graminea). *Am. J. Bot.*, Columbus, v.64, p.161-176, 1977.

- CARVALHO, D. D. de. Competição entre quatro acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, v.2, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ, 1996. p.1.

- CORNACCHIA, G. *et al.* Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz & Perry e *Pinus caribea* var. *hondurensis* Barret and Golfari. *Revista Arvore*, Viçosa, v.19, n.3, p.333-345, 1995.

- CRUZ, C. D. *Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Impr. Univ, 2001.

- DAHER, R. F. *et al.* Competição de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. *Anais*. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, v.1.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

- FERREIRA, R. P. *et al.* Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.34, n.6, p.995-1002, 1999.

- LOPES, R. *et al.* Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 3, p.507-513, 2001.

- MANSOUR, H. *et al.* Estimators of repeatability. *Theoretical and applied Genetics*. New York, v.60, p.151-156, 1981.

- MEIRELLES, P. R. L. *et al.* Avaliação e seleção de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no cerrado do Amapá. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Forragicultura, Vol. 2, Juiz de Fora, 1997, *Anais...* Juiz de Fora, 1997. p.45.

- OMETTO, J. C. *Bioclimatologia Vegetal*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 1981.

- OTERO, J. R. Informações sobre algumas plantas forrageiras. 2.ed. Rio de Janeiro: SAI, 1961.

- PEREIRA, A. V. *et al.* Pioneiro - Nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Forragicultura, *Anais...* Juiz de Fora, MG, 1997, v. 2. p. 102-104.

- PEREIRA, A. V. *et al.* Comportamento da alfafa cv Crioula de diferentes origens e estimativas dos coeficientes de

- repetibilidade para caracteres forrageiros. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.27, n.4, p.686-690, 1998.
- PEREIRA, A.V. *et al.* Influência da estabilização de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sobre a estimativa da repetibilidade de características forrageiras. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, p. 762-767, 2002.
- RUTLEDGE, J. J. A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability. *J. Genet.*, Bangalore, v.61, p.247-250, 1974.
- SHIMOYA, A. *et al.* Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.59, p. 227-234, 2002.
- STEEL, R. G. D. *et al.* *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3. ed. New York: The McGraw-Hill Companies. 1997.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. *Rev. Bras. Genet.*, Ribeirão Preto, SP. 1992.
- Received on February 26, 2004.*
Accepted on July 13, 2004.