

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA SELEÇÃO
RECORRENTE NA POPULAÇÃO DE CAPIM-
ELEFANTE HEXAPLÓIDE**

MATHEUS COSTA DOS REIS

2005

MATHEUS COSTA DOS REIS

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA SELEÇÃO RECORRENTE
NA POPULAÇÃO DE CAPIM-ELEFANTE HEXAPLÓIDE**

Tese apresentada à universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. Fausto de Souza Sobrinho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Reis, Matheus Costa dos

Potencial de utilização da seleção recorrente na população de capim-
elefante hexaplóide./ Matheus Costa dos Reis. -- Lavras : UFLA, 2005.
67p. : il.

Orientador: Fausto de Souza Sobrinho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Capim-elefante hexaplóide. 2. Progenies de meio-irmãos. 3. Melhoramento
genético. 4. Seleção recorrente. 5. Progresso genético. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD- 633.20823

MATHEUS COSTA DOS REIS

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA SELEÇÃO RECORRENTE NA POPULAÇÃO
DE CAPIM-ELEFANTE HEXAPLÓIDE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 28 de julho de 2005.

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho UFLA/DBI

Prof. Dr. João Cândido de Souza UFLA/DBI

Dr. Fausto de Souza Sobrinho Embrapa Gado de Leite

Dr. Fausto de Souza Sobrinho
EMBRAPA GADO DE LEITE
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

“A satisfação está no esforço
para alcançar o objetivo, e não
em tê-lo realizado”.

Mahatma Ghandi

Aos meus pais, José Vicente e Ana Dulce.

Às minhas irmãs Cláudia e Cristiana.

À minha namorada Sarah.

Aos meus sobrinhos Luciano, Bernardo e Livia.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade concedida.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Gado de Leite, pela oportunidade de realizar este trabalho na empresa, em especial aos pesquisadores Antonio Vander Pereira, Francisco José da Silva Ledo e Heloísa Carneiro, pelas sugestões e fornecimento de materiais.

Ao Doutor Fausto de Souza Sobrinho, pela dedicada orientação, amizade, pelos preciosos conselhos e pelo estímulo para a melhor realização possível desse trabalho.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, pelo seu exemplo de profissionalismo, pela dedicação na co-orientação, pelos ensinamentos transmitidos e pelo estímulo a buscar sempre mais conhecimento.

Ao professor Daniel Furtado Ferreira e ao colega José Airton Rodrigues Nunes, pela preciosa ajuda durante as análises estatísticas.

Aos membros da banca, por lerem este trabalho com atenção e pelas valiosas sugestões.

Aos professores do curso de Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA, João Bosco dos Santos, César Augusto B. P. Pinto, Elaine Aparecida de Souza e João Cândido de Souza, pelos ensinamentos transmitidos durante as disciplinas cursadas.

À professora Sônia Regina de Souza da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela orientação durante a graduação, pela amizade e incentivo para que eu fizesse o curso de mestrado.

Aos colegas do curso de Genética e Melhoramento de Plantas que, de alguma forma contribuíram com o meu crescimento profissional e pessoal, em especial Marcelo (Coro), André, Diogo, Sarah, Welcimar e Juliana Érica.

Aos amigos de república, Rodrigo, Adler, Daniel e Bertioga, pela convivência e paciência.

À minha namorada, Sarah Brum, pelo incentivo e apoio em momentos difíceis, pelo amor e carinho.

Aos meus pais, José Vicente e Ana Dulce dos Reis, pela educação, amor e incentivo em minha formação profissional.

Às minhas irmãs e cunhados, pelo apoio e confiança.

Aos funcionários de campo dos Campos Experimentais de Coronel Pacheco e Santa Mônica, pela ajuda no árduo trabalho de coleta de dados.

Aos funcionários do Departamento de Biologia da UFLA: Elaine, Zélia, Rafaela e Irondina, pela atenção dedicada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A produção de forragem no Brasil	3
2.2 O capim-elefante	4
2.2.3 Potencial de utilização.....	6
2.2.4 Melhoramento de capim-elefante.....	9
2.4 Milheto	11
2.5 Híbridos de capim-elefante x milheto	13
2.6 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos utilizando progênie de meios-irmãos	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Material genético.....	20
3.2 Locais	20
3.3 Delineamento experimental.....	21
3.4 Condução dos experimentos.....	21
3.5 Características avaliadas e analisadas	22
3.6 Análises estatísticas dos dados.....	22
3.7 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos	26
4 RESULTADOS.....	31
5 DISCUSSÃO.....	41
6 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

ANEXOS	56
--------------	----

RESUMO

REIS, Matheus Costa dos. **Potencial da população de capim-elefante hexaplóide para o programa de seleção recorrente**. 2005. 68p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de utilização da população de capim-elefante hexaplóide da Embrapa Gado de Leite em um programa de seleção recorrente. Para isso foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em experimentos de avaliação de progênies de meios-irmãos, conduzidos nos campos experimentais de Coronel Pacheco e Santa Mônica. Foram avaliadas 78 progênies de meios-irmãos, uma testemunha representativa da população e mais duas testemunhas comerciais, cv. Pioneiro e cv. Paraíso, em experimentos conduzidos no delineamento látice triplo 9 x 9. As características avaliadas foram altura de plantas e produtividade matéria seca (PMS). O caráter altura de plantas, avaliado com base nos dados de três cortes, mostrou que, em média, as dezessete melhores progênies apresentaram desempenho similar às testemunhas comerciais. A PMS média das progênies, avaliada em quatro cortes, foi apenas 0,5 t/ha/corte inferior ao da testemunha 'Paraíso', com destaque para a progênie "20" que foi superior a todos os tratamentos nos diferentes locais e cortes avaliados. Quanto às interações apesar de confirmadas, foram de pequena magnitude. A interação progênies x locais representou em sua maior estimativa 44% da variância genética entre as progênies para altura de plantas. A interação progênies x cortes para PMS interpretada pela estimativa da correlação genética dos cortes dois a dois, mostrou que a menor estimativa foi de 0,53 entre o primeiro e o quarto corte, tendo seis entre as dez melhores progênies sido coincidentes. A herdabilidade no sentido restrito, na média dos corte e locais, foi de 56,9% para altura e 58,8% para PMS. Como a herdabilidade e a médias foram expressivas, as chances de sucesso com a seleção são elevadas, o que foi confirmado com a estimativa do ganho esperado com a seleção de 23,4% na PMS e 18,1% em altura de plantas. Sendo assim, verificou-se que a população de capim-elefante hexaplóide em estudo é promissora para a utilização em um programa de seleção recorrente.

* Comitê de orientação: Fausto de Souza Sobrinho – Embrapa Gado de Leite (Orientador); Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

REIS, Matheus Costa dos. **Potential of utilization of the elephantgrass hexaploid population in the recurrent selection.** 2005. 68p. Dissertation (Master's degree in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The present work had as aim to evaluate the potential of elephantgrass hexaploid population of National Dairy Cattle Center Research in a recurrent selection program. For this, were obtained estimates of genetics and phenotypic parameters in experiments of evaluation of half-sib families, in the Santa Monica and Coronel Pacheco experimental farms. Were evaluated 78 half-sib families, a population sample and two commercial varieties, a tetraploid 'Pioneiro' and hexaploid 'Paraíso', used as control, evaluated on a triple lattice 9 x 9 experimental design. The characteristics evaluated were height of plants and yield of dry matter. The character height of plants, evaluated concerning three cuts, showed that, in the average, the seventeen best families were similar to both commercial controls. For yield of dry matter, the average of four cuttings for all families was 0.5 t/ha/cut smaller than the 'Paraíso', with the recognition for family "20", which was superior to all treatments in the different environments and cuts. Although confirmed, the interactions were not expressive. The families x environment interaction represented, in your highest estimate, 44% of genetic variance among half-sib families for height of plants. The families x cuttings interaction for yield of dry matter interpreted by the estimate of genetic correlation between two cuts, presented that the lowest estimate was 0.53 between 1st and 4th cuts, have been coincident six in ten best families. The estimates of narrow-sense heritability on the average of cuttings and environments, was 56.9% for plant height and 58.8% for dry matter. As the characteristics average and the heritabilities estimates were expressive, these indicate succeed with the selection, which agree with the estimates of the genetic progress of 23,4% for yield of dry matter and 18.1% for plant height. Therefore, was verified that elephantgrass hexaploid population is promise to the recurrent selection program.

* Guidance Committee: Fausto de Souza Sobrinho – Embrapa Gado de Leite (Adviser); Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca do melhoramento de forrageiras não está no mesmo nível das demais culturas de importância econômica, principalmente quando se trata de espécies forrageiras tropicais. No Brasil, a quantidade de pesquisadores envolvidos com essa atividade é restrita, e, por consequência, são escassas as informações, na literatura, sobre o melhoramento da maioria das culturas forrageiras. Outro ponto importante a ser mencionado é que a maioria dos programas de melhoramento ainda se baseia na avaliação e seleção de acessos dos bancos de germoplasma das diferentes espécies forrageiras (Souza Sobrinho, 2005).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma espécie amplamente difundida por todo o Brasil, cultivada em condições ambientais bastantes divergentes e está entre as espécies forrageiras de maior eficiência fotossintética com elevada capacidade de produção de matéria seca de boa qualidade. Entretanto, a necessidade de propagação vegetativa e a falta de cultivares adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas compõem os principais fatores limitantes ao cultivo desta forrageira (Pereira et al., 2001).

A maioria das cultivares de capim-elefante são clones de exemplares coletados nas áreas de diversidade da espécie, com sinais de espécies não cultivadas como florescimento não sincronizado, sementes minúsculas e deiscentes e outras características que afetam o plantio dessa forrageira por meio de sementes (Pereira et. al., 2001).

Uma solução de grande impacto e baixo custo para o produtor seria o desenvolvimento de novas cultivares. Para tal, pode-se explorar a própria variabilidade existente dentro da espécie ou aproveitar a facilidade de cruzamentos interespecíficos. O híbrido originado do cruzamento entre o capim-

elefante e o milheto apresentou melhor combinação para fins forrageiros (Osgood et al., 1997; Jauhar & Hanna, 1998) e maior aceitação pelos bovinos (Jauhar, 1981), além de possuir um grande potencial de utilização devido a maior facilidade de propagação por sementes do que o capim-elefante tetraplóide (Schank 1999).

Os objetivos dos programas de melhoramento de forrageiras devem ser definidos levando-se em consideração a complexa interação solo x planta x animal, tendo a qualidade nutricional e a produção de matéria seca elevada importância. Assim como a maioria das características de importância econômica, estas também são controladas por vários genes, ou seja, são quantitativas. Para melhor exploração da variabilidade genética dessas características é necessário o conhecimento das estimativas de parâmetros genéticos, o qual auxilia o melhorista na identificação da natureza de ação dos genes envolvidos e avaliação da melhor estratégia de melhoramento para a obtenção de ganhos genéticos e manutenção da base genética adequada (Cruz & Carneiro, 2003).

Do exposto, foi realizado o presente trabalho, com o intuito de estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população base de híbridos hexaplóides de capim-elefante x milheto, constituinte do programa de melhoramento de capim-elefante da Embrapa Gado de Leite, visando avaliar o seu potencial para o programa de seleção recorrente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A produção de forragem no Brasil

O Brasil é o maior produtor mundial de leite e carne a pasto, com um rebanho de 168,4 milhões de cabeças bovinas (ANUALPEC, 2004), explorando 180 milhões de hectares de pastagens. Aproximadamente 100 milhões de hectares são ocupados por forrageiras cultivadas e o restante constituído de pastagens naturais compostas por espécies nativas ou exóticas (Pereira et al., 2001).

As pastagens brasileiras estão distribuídas por diferentes regiões e ecossistemas (clima temperado, cerrado, semi-árido, tropical úmido e pantanal) que apresentam grande variação das condições edafoclimáticas. O sucesso na implantação de pastagens em ambientes tão diversos implica na utilização de forrageiras portadoras de mecanismos adaptativos distintos, que lhes possibilitem superar as pressões dos estresses ambientais e manter a produção e qualidade da forragem em níveis satisfatórios (Pereira et al., 2003).

No país, de modo geral, as cultivares de forrageiras não são bem adaptadas às condições de cultivo. Esse fato, aliado ao manejo inadequado das pastagens e o emprego de áreas marginais ou de baixa fertilidade, contribuem para que a produtividade animal nas pastagens seja baixa, se comparada ao desempenho obtido nas pastagens de clima temperado. Entre estes fatores, a substituição das forrageiras tradicionais obtidas de coletas e ou introduções por cultivares melhoradas, apresenta-se como a alternativa mais viável e de maior potencial de impacto para o aumento da produtividade das pastagens brasileiras (Pereira et al., 2003).

A maioria das forrageiras atualmente utilizadas apresenta decréscimo acentuado na produção de matéria seca na época do inverno, que normalmente

coincide com a redução no comprimento do dia, com a ocorrência de baixas temperaturas e com a reduzida precipitação pluviométrica. Isso reduz a disponibilidade de forragem, culminando com perda de desempenho dos animais (Pereira et al., 2003). Com o crescimento da produção de leite e carne a pasto, aumenta a importância da utilização de cultivares e ou espécies com produção de forragem mais constante, independentemente da época do ano. Espécies pouco adaptadas apresentam sensibilidade muito maior aos fatores ambientais adversos (Pereira et al., 2001).

Uma das alternativas para melhorar a produção de forragem no inverno e em outras épocas, é a condução de programas efetivos de melhoramento de algumas espécies forrageiras, entre elas a do gênero *Pennisetum*, com ênfase ao capim-elefante.

2.2 O capim-elefante

A África tropical tem sido apontada como o centro de origem e diversidade do capim-elefante, onde ocorre naturalmente em vários países, desde a Guiné, no oeste, até Moçambique e Quênia, no leste africano (Brunken, 1977). Nessas regiões, a espécie cresce bem entre as latitudes de 10° Norte a 20° Sul, em altitudes variando do nível do mar até 2.200m, apresentando temperaturas médias de 18°C a 30°C e precipitações de 800 a 4.000mm anuais (Rodrigues et al., 1975).

O seu descobrimento e divulgação como planta forrageira foram feitos pelo coronel Napier Springer, que o recomendou ao Departamento de Agricultura da Rodésia (atual Zimbábue), onde foi avaliado com sucesso por volta de 1910, perpetuando em uma das variedades o nome Napier (Maldonado, 1955, citado por Shimoya, 2000). A introdução do capim-elefante nas Américas foi inicialmente nos Estados Unidos pelo Departamento de Agricultura, em 1913 (Juahar, 1981), expandindo-se pelas Américas Central e do Sul. No Brasil,

foram relatadas duas introduções. Uma foi no Rio Grande do Sul com estacas trazidas dos Estados Unidos, em 1920. Outra foi relatada em 1921, oriunda de Cuba para o estado de São Paulo (Faria, 1994). Posteriormente ele se disseminou por todo o país.

O capim-elefante pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, gênero *Pennisetum*, o qual possui mais de 140 espécies entre forrageiras cultivadas, cereais e ornamentais (Brunken, 1977). *Pennisetum purpureum* Schum. tem sido dividido em três subespécies: ssp. *benthamii*, ssp. *purpureum* e ssp. *flexispica* (Maire 1952; Bogdan, 1977). Entretanto, a igualdade do número de cromossomos e a possibilidade de cruzamentos entre os diferentes ecótipos de capim-elefante não permitem a sua divisão em diferentes espécies (Brunken, 1977).

De forma resumida, a espécie pode ser caracterizada como ereta, cespitosa, de porte elevado (1,5m a 5,0m), apresentando folhas invaginantes, largas e compridas (30cm a 120cm), inflorescência do tipo panícula e abundante lançamento de perfilhos aéreos e basais (Bogdan, 1977).

O capim-elefante é uma espécie alógama, protogínica, com grande facilidade para a propagação vegetativa. As panículas apresentam formato cilíndrico, com 13 a 30 cm de comprimento, densamente florida por espiguetas isoladas ou em grupos e as flores podem ser masculinas ou bissexuais. O intervalo entre o aparecimento dos estigmas e das anteras varia de sete a nove dias, o que dificulta a autofecundação e facilita a realização de cruzamentos controlados. As sementes ou cariopses são muito pequenas e, após o amadurecimento, desprendem-se com facilidade da panícula (Bogdan, 1977; Alcântara & Bufarah, 1988).

A época de florescimento pode variar de acordo com as condições ambientais e com a cultivar. Na região sudeste, o florescimento normalmente ocorre entre março a julho, e, assim, de acordo com Xavier et al. (1993), as

cultivares podem ser classificadas, quanto à época de florescimento, em precoces (março e abril), intermediárias (abril e maio) e tardias (junho e julho).

O capim-elefante é propagado vegetativamente, por meio de estacas, apesar de produzir sementes viáveis. Esse tipo de propagação é muito útil ao melhoramento de plantas, por permitir a perpetuação de genótipos superiores após sua identificação. Contudo, inviabiliza a expansão da área cultivada pela dificuldade de obtenção e armazenamento das mudas e pelo maior custo de transporte e implantação (Pereira et al., 2003). Dessa forma, o emprego de sementes em escala poderá contribuir não só para redução no custo de implantação, como para facilitar o manejo e permitir a substituição mais freqüente das áreas com forrageiras depauperadas.

A não utilização das sementes de capim-elefante se deve, principalmente, a experiências mal sucedidas por ocasião da introdução da espécie no Brasil. Pelo fato das cultivares serem clones, as sementes colhidas nas plantas são produto de autofecundações. Por isso, as capineiras formadas apresentaram menor vigor e menor persistência, decorrentes da depressão por endogamia (Pereira et al., 2001).

Entre as características que restringem o emprego de sementes estão a presença de aristas, dificultando o manuseio e a individualização das sementes, e a irregularidade temporal da maturação, desfavorecendo a produção comercial de sementes (Humphreys & Riveros, 1986). Essas características são freqüentes em espécies não totalmente domesticadas, como é o caso do capim-elefante.

2.2.1 Potencial de utilização

O capim-elefante é uma das espécies forrageiras com maior potencial produtivo, encontrando-se distribuído por todo território nacional. Apesar de ser uma planta típica de regiões tropicais desenvolve-se bem no sul do Brasil, naquelas regiões onde o inverno é menos rigoroso (Jacques, 1990).

Comparativamente a outras espécies forrageiras, o capim-elefante apresenta maior produtividade de matéria seca (Pereira et al., 1966; Zuniga et al., 1967; Alcântara et al., 1980) associada à elevada qualidade nutricional. Por isso, é utilizado principalmente na pecuária leiteira (Mozzer et al., 1986), na forma de capineiras (verde picado), ensilagem, feno e pastejo rotativo (Pereira et al., 2001).

Com o aumento do período de crescimento das plantas ocorre incremento da produtividade de matéria seca. Contudo, a qualidade da forragem produzida é bastante reduzida. Trabalhos avaliando intervalos de corte variando de 30 a 90 dias, envolvendo diferentes acessos de capim-elefante, evidenciaram que as maiores produtividades foram observadas aos 90 dias e a melhor qualidade no menor intervalo de corte. Tentando associar alta produtividade com boa qualidade nutricional, os autores propuseram 60 dias como intervalo ideal de corte (Carneiro & Souza Sobrinho, 2005).

O potencial produtivo do capim-elefante é determinado por vários fatores, tais como: genótipo, intervalos e altura de corte, disponibilidade de nutrientes, água, luz e temperatura (Jacques, 1990; Lavezzo, 1992). Com isso, há uma grande amplitude relatada na literatura para produção de matéria seca no Brasil (Mozzer et al., 1986; Jacques, 1990; Lavezzo, 1992, Pereira et al., 1998; Souza Sobrinho et al., 2005). Além do mais, a interação genótipos por ambientes é bastante pronunciada (Ledo et al., 2003), havendo necessidade de avaliações e recomendações regionalizadas das cultivares.

Semelhantemente a outras espécies forrageiras tropicais, apresenta estacionalidade de produção durante o ano. Sua produção está concentrada no verão, quando as condições climáticas de temperatura e precipitação são adequadas ao seu desenvolvimento, produzindo em torno de 70% do total anual. A queda da produção durante o inverno está principalmente relacionada com a

redução do seu crescimento em temperaturas inferiores a 15°C, somada à redução da precipitação, que é concomitante nesse período (Hillesheim, 1994).

O uso de silagem e de feno são alternativas para solucionar ou amenizar o problema da instabilidade de produção (Silveira, 1976). Há várias espécies que podem ser utilizadas com esse fim, entre elas o capim-elefante. Entretanto, a qualidade da forragem conservada dessa gramínea, devido aos baixos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis, além do elevado poder tampão do material, dificultando a atuação dos microorganismos responsáveis pela fermentação da silagem, tem limitado a sua utilização com essa finalidade (Lavezzo, 1992). Alternativa para a melhoria da fermentação da silagem de capim-elefante seria o uso de aditivos associados ou não com o emuchercimento da forragem, visando o aumento da matéria seca para pelo menos 30% (Woolford, 1984). Contudo, o efeito do emuchercimento pode, em alguns casos, ser negativamente afetado pela elevação do poder tampão, como resultado da maior concentração de ácidos orgânicos e compostos nitrogenados originados da proteólise (Narciso Sobrinho, 1998). Somado a isso, há uma grande dificuldade prática de determinação do ponto ideal de ensilagem para o capim-elefante, limitando bastante a sua utilização na forma ensilada.

Uma outra alternativa de utilização do capim-elefante é para pastejo direto dos animais, utilizando-se sistema rotacionado. Resultados de pesquisa evidenciaram incrementos consideráveis, tanto na produção de carne (Vicente-Chandler et al., 1983; e Sollenberger et al., 1987) como na de leite (Caro-Costas & Vicente-Chandler 1969; 1974; Hillesheim, 1988; e Deresz, 1999). Contudo, o seu emprego com essa finalidade ainda é pequeno e poderia ser ampliado se o manejo da cultura, especialmente a implantação, fosse facilitada.

2.2.2 Melhoramento de capim-elefante

O capim-elefante, mesmo sendo cultivado por todo o território nacional, carece de cultivares melhoradas para as diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de utilização, havendo poucos programas de melhoramento. Um deles é o da Embrapa Gado de Leite que, no entanto, tem dado ênfase na avaliação intensiva dos acessos mantidos no Banco Ativo de Germoplasma (Pereira et al., 2001).

No melhoramento do capim-elefante são adotados os mesmos procedimentos desenvolvidos para espécies alógamas. Entretanto, deve-se considerar algumas características específicas desta forrageira que podem contribuir ou dificultar o processo, como florescimento protogínico, elevado número de inflorescências por planta, florescimento gradual, produção abundante de pólen, propagação vegetativa e por meio de sementes, perenidade, germoplasma com grande variabilidade e facilidade de cruzamento interespecífico (Pereira et al., 2001).

Entre as estratégias de melhoramento, a introdução de cultivares é considerada a mais simples em razão da rapidez na obtenção de resultados e pelos baixos custos envolvidos. Entretanto, a chance de introdução de cultivares superiores é pequena, em função das condições ambientais diferentes entre os locais de coleta e introdução (Bueno et al., 2001). Por outro lado, não deixa de ser uma excelente oportunidade de enriquecimento da variabilidade dos bancos de germoplasma, se forem introduzidos novos ecótipos dos centros de diversidade da espécie (Pereira et al., 2001).

Outra estratégia seria a obtenção de populações segregantes por meio de hibridações intra e interespecíficas. A hibridação intra-específica entre clones de capim-elefante constitui a melhor estratégia para se obter cultivares superiores, segundo Hanna (1999). Caso não se tenha informação a respeito da capacidade combinatória dos genitores, o mesmo autor sugere o intercruzamento de clones

que apresentem fenótipos favoráveis para caracteres diferentes, com a finalidade de obter novos clones ou populações, que associem esses fenótipos.

A facilidade de cruzamentos do capim-elefante com outras espécies do mesmo gênero permite a obtenção e utilização de híbridos interespecíficos. Como um dos principais objetivos do programa de melhoramento é a propagação por meio de sementes, esta tem sido a principal estratégia utilizada pela Embrapa Gado de Leite (Souza Sobrinho, 2005). O milheto, além de apresentar sementes grandes e sem aristas, mostrou-se a melhor combinação com o capim-elefante para a utilização como forrageira (Jauhar & Hanna, 1998). A descendência desse cruzamento assemelha-se ao capim-elefante e apresenta melhor aceitação pelos bovinos (Jauhar, 1981). Apesar do híbrido interespecífico ser estéril, devido à sua condição triplóide, a restauração da fertilidade pode ser alcançada pela duplicação do conjunto cromossômico, resultando em um hexaplóide fértil. Segundo Schank (1999), os hexaplóides apresentam um grande potencial de utilização, uma vez que podem ser propagados por meio de sementes com maior facilidade que o capim-elefante.

Uma vez gerada a variabilidade, o melhoramento do capim-elefante pode ser conduzido de duas maneiras básicas: obtenção de clones ou melhoramento populacional. O processo de obtenção de clones é o mais simples e mais utilizado, pois assim que é identificado um genótipo superior, este pode ser mantido por propagação vegetativa. Contudo, este processo depende da complementaridade alélica que resulte em uma boa capacidade combinatória entre os parentais e implica na manutenção exclusivamente por propagação vegetativa do genótipo selecionado (Pereira et al., 2001).

No caso do melhoramento populacional, o processo baseia-se no aumento da frequência de alelos favoráveis, com o objetivo de obter variedades propagadas por meio de sementes que não apresentem perda de vigor em relação aos seus genitores. A seleção recorrente tem sido o método mais utilizado para o

melhoramento populacional, com a vantagem de aumentar a frequência de alelos favoráveis sem causar uma drástica diminuição da variabilidade genética (Pereira et al., 2001).

Uma alternativa ainda não explorada no melhoramento do capim-elefante é a obtenção de linhagens endogâmicas visando à produção de híbridos. Sendo assim, o melhoramento voltado para a obtenção de híbridos de linhagens, intra e interespecíficas, permite amplas possibilidades para o desenvolvimento de novas cultivares de capim-elefante (Pereira et al., 2001).

2.3 Milheto

Considerando que a maior diversidade morfológica ocorre no oeste da África e sul do deserto do Sahara, Harlan (1971) sugere que o centro de origem do milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] envolve uma região abrangendo do oeste do Sudão até o Senegal e foi domesticada, inicialmente, como cereal no sul do Sahara. Como a seleção foi efetuada por diferentes comunidades na sua domesticação, isso contribuiu para a obtenção de populações com ampla variação. Sua expansão para o oriente chegou até a Índia por volta de 2.000 anos atrás, alcançando a Europa no século XVI, sempre cultivada como grão. No século XVIII, a espécie chegou ao E.U.A e Austrália usada como forrageira, mas ainda com menor importância que o sorgo. A partir dos anos 1970 houve um grande interesse por seu valor nutricional, fácil produção de sementes e capacidade de rebrota após corte ou pastejo, tendo sido desenvolvidas novas cultivares produtivas, principalmente na Índia, E.U.A. e Austrália (Bogdan, 1977).

O milheto é o sexto cereal mais consumido no mundo, sendo a base da alimentação de diversas populações na África e Índia. Apresenta variedades de rápido crescimento e florescimento precoce, permitindo seu cultivo em locais áridos com precipitação média anual de 250 a 300 mm. É considerado de duplo

propósito, uma vez que seus grãos são usados na alimentação humana e a planta inteira é utilizada como forragem. Apresenta valores nutricionais semelhantes aos do trigo, milho e arroz, com uma superioridade em relação ao conteúdo mineral, principalmente de ferro e cálcio (Pantulu & Rao, 1982).

O milheto pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, gênero *Pennisetum*, sendo incluído, juntamente com o capim-elefante, na seção *Pennisetum*, por Brunken (1977). Várias sinonímias botânicas são relatadas para essa espécie, entre as quais se destacam *P. typhoides* Stapf e Hubbard e *P. americanum* (L.) Leeke, havendo um grande número de trabalhos que utiliza tais denominações científicas.

Apresenta ciclo vegetativo anual, caule único podendo apresentar perfilhamento medindo de 1 a 3m de altura e folhas com 20 a 100 cm de comprimento por 5 a 50mm de largura. É uma espécie alógama, provavelmente devido ao seu hábito de floração protogínica e, por ser fotoperiódica facultativa de dias curtos, apresenta variação na época de florescimento, dependendo do genótipo e temperatura. O estigma aparece de 2 a 3 dias após o surgimento da espiguetas, gradualmente do ápice para a base da panícula. Em torno de dois dias depois, quando os estigmas começam a perder sua viabilidade, as anteras das flores bissexuais aparecem na mesma ordem e, dois dias mais tarde, o mesmo ocorre com as anteras das flores masculinas. Essa seqüência de florescimento praticamente exclui a polinização dentro da mesma espiguetas, mas pode ocorrer polinização entre espiguetas diferentes da mesma planta, permitindo, assim, a prática da autofecundação (Bogdan, 1977). A inflorescência é uma panícula densa, cilíndrica e terminal com 10 a 50cm de comprimento, apresentando em média, 1.500 espiguetas que podem ocorrer individuais ou em grupo, permanecendo na planta após o amadurecimento. Os frutos são cariopses, variando de globosos a subcilíndricos e as sementes medem de 3 a 4mm (Alcântara & Bufarah, 1988; Diz, 1994).

2.4 Híbridos de capim-elefante x milheto

O capim-elefante é um tetraplóide com o número somático de cromossomos $2n = 4x = 28$ e apresenta a formação de 14 bivalentes nas diacineses e metáfases I, confirmando que apesar de ser tetraplóide, se comporta tipicamente como um diplóide, ou seja, é um alotretaplóide (Jauhar, 1981; Techio, 2002). Possui os genomas A'A'BB, sendo o primeiro com grande homologia ao genoma A do milheto e o outro é proveniente de um doador desconhecido (Jauhar, 1981). Já o milheto apresenta sete cromossomos bivalentes regularmente distribuídos nas diacineses e metáfases I, confirmando uma condição diplóide de número somático de cromossomos $2n = 2x = 14$ e genoma AA (Jauhar & Hanna, 1998; Techio, 2002).

O cruzamento entre capim-elefante x milheto gera um vigoroso híbrido conhecido como PMN (do inglês – *pearl millet x napiergrass*) realizado pela primeira vez por Burton (1944). Porém, é estéril devido à formação de triploides, uma vez que os híbridos possuem $2n = 3x = 21$ cromossomos em suas células somáticas, dos quais sete são oriundos do milheto e quatorze do capim-elefante, conferindo ao híbrido PMN o genoma AA'B. A restauração da fertilidade pode ser alcançada induzindo a duplicação cromossômica, utilizando-se a cochicina como agente antimitótico (Hanna, 1981; Hanna & Dujardin, 1985; 1986; Barbosa, 2004). Dessa maneira, obtém-se um híbrido hexaplóide ($2n = 6x = 42$, genoma AAA'A'BB) com excelente potencial forrageiro, o qual pode ser propagado por meio de sementes (Jauhar & Hanna, 1998; Schank, 1999).

A obtenção dos híbridos PMN visa reunir alguns fenótipos favoráveis do milheto, tais como qualidade da forragem, produção de sementes não deiscentes e tolerância à seca, com a agressividade, perenidade e elevada produção de matéria seca do capim-elefante (Diz, 1994). As plantas híbridas,

morfologicamente, se assemelham ao capim-elefante, provavelmente, devido à sua maior contribuição na constituição do genoma ou por uma maior expressão do genoma B do capim-elefante em relação ao genoma A do milho para caracteres como precocidade, características de folha e inflorescência e tamanho de semente (Gonzalez & Hanna, 1984).

Os híbridos interespecíficos foram obtidos nos Estados Unidos, onde os invernos rigorosos inviabilizam economicamente a utilização desses por meio da propagação vegetativa. A produção comercial de sementes de híbridos triplóides PMN pode ser alcançada utilizando-se a macho-esterilidade citoplasmática do milho somente em áreas tropicais (Osgood et al., 1997). Isso porque o capim-elefante é sensível a dias curtos e o congelamento das plantas ocorreria antes que as sementes atingissem o estágio de maturação fisiológica nas áreas tradicionais de produção de sementes de milho.

O interesse pelo potencial forrageiro do híbrido interespecífico promoveu a realização de uma série de trabalhos iniciados em 1980. A maioria dos trabalhos relata que os híbridos PMN apresentaram produção similar ou superior aos melhores híbridos de milho e clones selecionados de capim-elefante de porte alto ou anão (Hanna & Monson, 1980; Booddorff & Ocumpaugh, 1986; Schank & Chynoweth, 1993; Schank et al., 1993; Spitaleri et al., 1994). Dentre as diferentes combinações avaliadas, os acessos Tift 23A₁ de milho e o N23 de capim-elefante se destacaram-se, em termos de produtividade, (Hanna & Monson, 1980), tendo sido utilizados em trabalhos posteriores de melhoramento.

Na condução de um programa de melhoramento, a esterilidade é fator limitante para qualquer método que necessite do avanço das gerações por meio de sementes. Sabendo disto, Hanna (1981) estudou o modo de reprodução do capim-elefante e seus híbridos triplóides e hexaplóides com o milho para confirmar a condição, esterilidade ou fertilidade, que estes apresentariam. O

resultado não foi diferente do esperado, confirmando a fertilidade do capim-elefante e do híbrido PMN hexaplóide e a esterilidade do híbrido PMN triplóide, devido à não formação do saco embrionário. Com o maior interesse pelo híbrido PMN hexaplóide, Hanna et al. (1984) relataram que o aumento no nível de ploidia de 3x para 6x afetava negativamente a produção e a qualidade nutricional quando a forragem era colhida na fase de florescimento. Entretanto, quando colhida na fase vegetativa, o híbrido PMN hexaplóide apresentou maior digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e teor de proteína bruta (PB) similar. Trabalhos avaliando diferentes híbridos PMN evidenciaram a existência de variabilidade para características relacionadas à produção e à qualidade da forragem (Gonzalez & Hanna, 1984; Schank & Chynoweth, 1993).

A maioria dos estudos envolvendo os híbridos PMN concentrou-se nas décadas de 1980 e 1990. No Brasil, os primeiros trabalhos envolvendo esses híbridos foram realizados em meados da década de 1990, com a introdução dos híbridos hexaplóides provenientes dos Estados Unidos, em 1992. Alguns trabalhos desenvolvidos nas condições brasileiras confirmaram o excelente potencial produtivo e nutricional dos híbridos PMN hexaplóides (Vilela et al., 1997; 2001; 2002). Mais recentemente, foi lançado, pela empresa Matsuda, a primeira cultivar de capim-elefante propagada por sementes, denominada ‘Paraíso’. Essa cultivar é um híbrido hexaplóide que erroneamente tem sido divulgada como uma nova espécie, *Pennisetum hybridum*.

2.5 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos utilizando progênies de meios-irmãos

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos auxiliam os melhoristas na tomada de decisão a respeito do método de melhoramento a ser empregado e como melhorar sua eficiência. Essas estimativas podem ser obtidas utilizando-se componentes de médias e ou variâncias. O emprego da variância é

preferido, uma vez que o uso de médias pode conduzir a conclusões errôneas, já que neste caso, se os alelos dominantes atuarem em sentidos opostos em dois locos quaisquer, o efeito final é nulo. Quando se utiliza a variância, os efeitos de cada loco são elevados ao quadrado, não havendo possibilidade de eles se anularem, como no caso de uso de médias, apesar de possuir um maior erro associado à sua estimativa. A variância permite, ainda, que sejam estimadas a herdabilidade e o ganho esperado com a seleção (Ramalho et al., 1993).

As bases teóricas da variância genética foram estabelecidas por Fisher (1918, citado por Palomino, 1998), para indivíduos diplóides de uma população panmítica (alógama) em três componentes: a) variância genética aditiva (σ_A^2), que é devido aos efeitos médios aditivos dos alelos; b) variância genética de dominância (σ_D^2), devido aos efeitos das interações intra-alélicas e c) variância genética epistática ($\sigma_{AA}^2, \sigma_{AD}^2$, etc), devido aos efeitos das interações entre os locos.

Posteriormente, outras contribuições foram feitas a esse respeito, incluindo o efeito da endogamia nos componentes da variância. Souza Junior (1989) fez um relato desses trabalhos e apresentou a decomposição da variância e covariância genética em populações com qualquer nível de endogamia (F). O autor relata que, para uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg e de ligação, desconsiderando os efeitos epistáticos, na presença de endogamia a variância genética (σ_G^2) pode ser decomposta em :

$$\sigma_G^2 = (1 + F)\sigma_A^2 + (1 - F)\sigma_D^2 + 4FD_1 + FD_2 + F(1-F)H$$

A variância genética é função do coeficiente de endogamia F e, além da variância genética aditiva e de dominância, ocorrem ainda os componentes genéticos D_1 , D_2 e H. Estes três componentes só são incluídos no modelo quando há endogamia ($F \neq 0$) e quando as frequências alélicas são diferentes ($p \neq q$), em que D_1 é a covariância genética entre os efeitos médios (aditivos) dos alelos e os

efeitos de dominância dos homozigotos, D_2 é a variância genética dos efeitos de dominância dos homozigotos e H é a depressão por endogamia elevado ao quadrado. O D_1 é o único componente da variância genética que pode ser negativo, por se tratar de uma covariância.

Pela expressão da variância genética é possível inferir que, quando se trabalha com populações alógamas (panmíticas), em que $F=0$, a variância genética conterà apenas a variância aditiva (σ_A^2) e a variância de dominância (σ_D^2), isto é: $\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$. Se essa população for submetida a sucessivos ciclos de autofecundação, em que $F=1$, a variância genética para qualquer freqüência alélica diferente de $1/2$ será dada pela expressão: $\sigma_G^2 = 2\sigma_A^2 + 4D_1 + D_2$, e se a freqüência alélica é igual a $1/2$, a variância genética conterà somente duas vezes a variância genética aditiva ($\sigma_G^2 = 2\sigma_A^2$).

Dependendo do tipo de progênie utilizada, a sua constituição genética varia. Assim, quando empregam-se progênies de meios-irmãos a variância genética entre as progênies corresponde à covariância entre meios-irmãos, que é obtida pela expressão: $COV_{g_{MI}} = \sigma_{G_{MI}}^2 = (1/4)(1+F_P)\sigma_A^2$. Caso as progênies sejam derivadas de populações não endógamas ($F=0$), tem-se, $\sigma_{G_{MI}}^2 = 1/4\sigma_A^2$. Já a variância genética dentro das progênies de meios-irmãos ($\sigma_{GD_{MI}}^2$) é obtida pela diferença entre a variância genética total e a variância genética entre progênies de meios-irmãos, que conterà $3/4\sigma_A^2 + \sigma_D^2$ (Souza Junior, 1989). Quando se avalia um pequeno número de indivíduos por família (K), por exemplo K menor que 10, é proposto o uso da correção $(K-1/K) 3/4\sigma_A^2 + \sigma_D^2$ (Resende, 2002).

Na obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos podem ser utilizados alguns procedimentos, como os delineamentos de Comstock &

Robinson (1948; 1952), os cruzamentos dialélicos e o uso de experimentos de seleção em progênies.

Uma estimativa fundamental para os melhoristas é a herdabilidade (h^2), ou seja, o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético, (Falconer & MacKay, 1996) e mede quanto da variação fenotípica é devido à variação genética. A herdabilidade participa de quase todas as fórmulas relacionadas com a predição de ganhos dos métodos de melhoramento e também das decisões práticas tomadas pelos melhoristas (Hallauer & Miranda Filho, 1988). Isso porque a expressão do ganho com a seleção (GS) depende do diferencial de seleção (ds) e da herdabilidade do caráter, ou seja, $GS = ds \times h^2$.

O ganho com a seleção também pode ser expresso por $GS = i \frac{COV(x,y)}{\sqrt{\sigma_x^2}}$, em que COV (x,y) é a covariância genética entre os

indivíduos selecionados e a população original, σ_x^2 é a variância fenotípica da população original e i é a unidade de desvios fenotípicos padronizados expressa por $i = ds / \sigma_x$. Essa expressão do ganho é utilizada quando o diferencial de seleção for truncado, ou seja, são selecionados todos os indivíduos acima ou abaixo de um determinado valor. Nesse caso, ele pode ser expresso em unidade de desvios fenotípicos padronizados, isto é, o número de desvios padrões em que a média dos indivíduos selecionados excede a média da população original (Souza Junior, 1989).

Em capim-elefante, não foram encontrados dados de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em caracteres de produção e de qualidade da forragem. Embora seja hexaplóide, o comportamento deve ser semelhante ao dos diplóides. Há alguns relatos a esse respeito com as culturas do milho e sorgo (Tabela 1).

TABELA 1. Estimativas de herdabilidade para caracteres de produção e qualidade nutricional de forrageiras.

Caracteres	Espécie	$h^2\%$	Fonte
PMS	Milho	52,18	Ramalho, 1999
PMV	Milho	62,55	Ramalho, 1999
PMS	Milho	19,25	Gomes, 2003
PMS	Sorgo	31,00	Santos, 1991
PMV	Sorgo	35,00	Santos, 1991
DISMS	Milho	80,73	Gomes, 2003

PMS – produtividade de matéria seca; PMV – produtividade de matéria verde;
DISMS – degradabilidade “*in situ*” da matéria seca

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Em 1992, foram introduzidas dez populações de híbridos interespecíficos hexaplóide de capim-elefante x milheto, oriundos da Universidade da Flórida, no Banco Ativo de Germoplama (BAG) de capim-elefante da Embrapa Gado de Leite. Estas populações foram mantidas por meio de propagação vegetativa em parcelas por 6 anos, das quais foram perdidas duas populações. Foram selecionadas fenotipicamente as melhores plantas das oito populações restantes e transplantadas para uma área isolada, formando uma nova população. Posteriormente, essa nova população passou por dois ciclos de intercruzamento.

No inverno de 2003, foram coletadas sementes de 78 plantas selecionadas fenotipicamente da população do segundo ciclo, dando origem às 78 progênies de meios-irmãos avaliadas neste trabalho. Na mesma ocasião, foram colhidas sementes da população para a realização do terceiro ciclo de intercruzamentos, das quais foi retirada uma amostra para compor uma testemunha representativa dessa população, que foi denominada “população hexaplóide”. Mais duas cultivares comerciais foram utilizadas como testemunhas, a cv. “Pioneiro”, um capim-elefante tetraplóide e a cv. “Paraíso”, um capim-elefante hexaplóide, propagado por sementes, da empresa Matsuda.

3.2 Locais

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Gado de Leite, nos Campos Experimentais de Coronel Pacheco (CECP) e de Santa Mônica (CESM).

O Campo de Experimental de Coronel Pacheco fica localizado no município de Coronel Pacheco, MG, situado na região da zona da mata mineira, com 414m de altitude, 21°35'08" de latitude sul e 43°15'04" de longitude oeste. O clima na região, na classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com médias anuais de 22,5°C de temperatura e 1600mm de precipitação

O Campo Experimental de Santa Mônica está localizado no município de Valença, RJ, situado na região do Vale do Paraíba, às margens do Rio Paraíba do Sul, com 363m de altitude, 22°21' de latitude sul e 43°42' de longitude oeste. O clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com médias anuais de 22,5°C de temperatura e 1.280mm de precipitação.

3.3 Delineamento experimental

Os experimentos foram implantados no delineamento látice triplo 9 x 9 com parcelas constituídas por uma linha de três metros de comprimento e seis plantas. O espaçamento adotado foi de um metro entre linhas e 0,5m entre plantas.

3.4 Condução dos experimentos

Para a obtenção de mudas, as sementes de cada família foram colocadas para germinar em bandejas de isopor. No caso das testemunhas comerciais, cada planta da parcela foi obtida de estaca de diferentes plantas. As mudas foram transplantadas para o campo cerca de 45 dias após a semeadura. O plantio foi realizado na segunda quinzena de outubro de 2003, em Santa Mônica e na segunda quinzena de novembro de 2003, em Coronel Pacheco. Após 90 dias do plantio, foi realizado um corte de uniformização, seguido dos cortes de avaliação com intervalos de 60 dias na estação chuvosa e 90 dias na estação seca. No momento da implantação foi feita uma adubação com 300kg da formulação 8-

28-16 de N, P₂O₅, K₂O. Após cada corte foram realizadas adubações de cobertura com 100kg/ha da formulação 20-05-20 de N, P₂O₅, K₂O.

3.5 Características avaliadas e analisadas

Foram avaliadas as seguintes características:

- altura de plantas (altura):** altura, em m, de uma planta representativa de cada parcela, medida do nível do solo até a última folha completamente expandida.
- produtividade de matéria seca (PMS):** produto do peso da matéria verde pela porcentagem de matéria seca (%MS), dividido por 100 e extrapolado para t/ha.

3.6 Análises estatísticas dos dados

Inicialmente, os dados foram analisados considerando cada corte por local, de acordo com o modelo estatístico seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + R_j + B_{k(j)} + P_i + e_{(ijk)}, \text{ sendo:}$$

Y_{ijk} : valor observado na parcela experimental que recebeu a progênie i , no bloco k , dentro da repetição j ;

μ : média geral do experimento;

R_j : efeito aleatório da repetição j ($j = 1, 2$ e 3);

$B_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco k ($k = 1, 2, 3 \dots 9$), dentro da repetição j ;

P_i : efeito aleatório da progênie de meios-irmãos i ($i = 1, 2, 3, \dots, 81$);

$e_{(ijk)}$: erro experimental associado à observação Y_{ijk} , tendo, $e_{(ijk)} \cap N(0, \sigma^2)$.

Vale ressaltar que também foram realizadas as análises conjuntas envolvendo os dois locais em cada corte.

Para a realização das análises dos diferentes cortes, em cada local, considerou-se o modelo em parcela subdivididas no tempo (Steel et al., 1997).

Para essas análises, foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkm} = \mu + R_j + B_{k(j)} + P_i + (PB)_{ik(j)} + C_m + (CB)_{mk(j)} + (PC)_{im} + e_{(ijkm)}$$

em que:

Y_{ijkm} : valor observado na parcela experimental que recebeu a progênie i , no bloco k , dentro da repetição j no corte m ;
 μ : média geral do experimento;
 R_j : efeito aleatório da repetição j ($j = 1, 2 \text{ e } 3$);
 $B_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco k ($k = 1, 2, 3 \dots 9$), dentro da repetição j ;
 P_i : efeito aleatório da progênie de meios-irmãos i ($i = 1, 2, 3, \dots, 81$);
 $(PB)_{ik(j)}$: efeito da interação progênie i com o bloco k , dentro da repetição j ;
 C_m : efeito fixo do corte m ($m = 1, 2, 3 \text{ e } 4$);
 $(CB)_{mk(j)}$: efeito da interação do corte m com o bloco k , dentro da repetição j ;
 $(PC)_{im}$: efeito da interação da progênie i com o corte m ;
 $e_{(ijkm)}$: erro experimental associado à observação Y_{ijkm} , tendo, $e_{(ijkm)} \cap N(0, \sigma^2)$.

O esquema para a análise de variância envolvendo os dados de todos os corte em cada local, com suas respectivas esperanças dos quadrados médios, esta demonstrado na Tabela 2.

TABELA 2. Modelo da análise de variância conjunta dos cortes para cada local, com suas respectivas esperanças dos quadrados médios.

F.V.	GL	QM	E(QM)
Progênie (P _i)	GL ₁	Q ₁	$\sigma_e^2 + k_7\sigma_{PC}^2 + k_8\sigma_{PB}^2 + k_9\sigma_P^2$
erro a (PB)	GL ₂	Q ₂	$\sigma_e^2 + k_6\sigma_{PB}^2$
Corte (C _m)	GL ₃	Q ₃	$\sigma_e^2 + k_3\sigma_{PC}^2 + k_4\sigma_{CB}^2 + k_5\phi_{C^2}$
erro b (CB)	GL ₄	Q ₄	$\sigma_e^2 + k_2\sigma_{CB}^2$
(PC) _{im}	GL ₅	Q ₅	$\sigma_e^2 + k_1\sigma_{PC}^2$
erro (ijm)	GL ₆	Q ₆	σ_e^2

σ_P^2 : variância genética entre progênie de meios-irmãos;

σ_{PB}^2 : variância do erro a;

ϕ_{C^2} : somatório dos desvios de cortes ao quadrado;

σ_{CB}^2 : variância do erro b;

σ_{PC}^2 : variância da interação progênie x cortes;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas;

k_n : valor associado a cada componente que foi gerado pelo programa estatístico utilizado.

Posteriormente, procedeu-se à análise conjunta dos diferentes cortes e locais. Para isso, foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkmq} = \mu + A_q + R_{j(q)} + B_{k(j^*q)} + P_i + (PA)_{iq} + (PB)_{ik(j^*q)} + C_m + (CA)_{mq} + (CB)_{mk(j^*q)} + (PC)_{im} + (PCA)_{imq} + e_{(ijkmq)}$$

em que:

Y_{ijkmq} : valor observado na parcela experimental que recebeu a progênie i , no bloco k , dentro da repetição j , do corte m no local q ;

μ : média geral do experimento;

A_i : efeito fixo de locais q ($q = 1$ e 2);

$R_{j(q)}$: efeito aleatório da repetição j ($j = 1, 2$ e 3), dentro do local q ;

$B_{k(j^*q)}$: efeito aleatório do bloco k ($k = 1, 2, 3 \dots 9$), da repetição j , dentro do local q ;

P_i : efeito aleatório da progênie de meios-irmãos i ($i = 1, 2, 3, \dots, 81$);

$(PA)_{iq}$: efeito da interação da progênie i com o local q ;

$(PB)_{ik(j^*q)}$: efeito da interação da progênie i com o bloco k dentro da repetição j , dentro do local q ;

C_m : efeito fixo do corte m ($m = 1, 2, 3$ e 4);

$(CA)_{mq}$: efeito da interação do corte m com local q ;

$(CB)_{mk(j^*q)}$: efeito da interação do corte m com o bloco k , dentro da repetição j , dentro do local q ;

$(PC)_{im}$: efeito da interação da progênie i com o corte m ;

$(PCA)_{imq}$: efeito da interação da progênie i com o corte m no local q ;

$e_{(ijkmq)}$: erro experimental associado à observação Y_{ijkmq} , tendo, $e_{(ijkmq)} \cap N(0, \sigma^2)$.

Na Tabela 3 está representado um esquema para a análise de variância conjunta envolvendo os dados de ambos os locais (q) em todos os cortes (m).

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o *Procedure for General Linear Models* (PROC GLM) do SAS[®] (SAS, 2000). No entanto, esse procedimento não foi capaz de estimar as médias ajustadas das análises envolvendo todos os cortes em cada local e também da análise conjunta dos locais. Por isso, foi utilizado o *Procedure for Mixed Linear Models* (PROC MIXED) do SAS[®] (SAS, 2000), que permite obter, por meio do comando *solution*, os desvios genotípicos preditos de cada tratamento em relação a uma

constante comum a todas as observações (g_i). Posteriormente, estes desvios foram somados a esta constante que, neste caso, foi a média geral dos tratamentos, para a obtenção dos valores genotípicos de cada tratamento (BLUPs). Todas as rotinas computacionais estão descritas no anexo B.

TABELA 3. Esquema da análise de variância conjunta dos locais envolvendo todos os cortes com suas respectivas esperanças dos quadrados médios.

F.V.	GL	QM	E(QM)
Trat. (P_i)	GL ₁	Q ₇	$\sigma_e^2 + k_{13}\sigma_{PCA}^2 + k_{14}\sigma_{PC}^2 + k_{11}\sigma_{PB}^2 + k_{15}\sigma_{PA}^2 + k_{16}\sigma_P^2$
(PA) _{iq}	GL ₇	Q ₈	$\sigma_e^2 + k_{10}\sigma_{PCA}^2 + k_{11}\sigma_{PB}^2 + k_{12}\sigma_{PA}^2$
(PB) _{ik(j*q)}	GL ₈	Q ₉	$\sigma_e^2 + k_9\sigma_{PB}^2$
Corte (C_m)	GL ₉	Q ₁₀	$\sigma_e^2 + k_4\sigma_{PC}^2 + k_7\sigma_{CB}^2 + k_8\phi_{C^2}$
(CA) _{mq}	GL ₁₀	Q ₁₁	$\sigma_e^2 + k_4\sigma_{PCA}^2 + k_5\sigma_{CB}^2 + k_6\phi_{(CA)^2}$
(CB) _{mk(j*q)}	GL ₁₁	Q ₁₂	$\sigma_e^2 + k_3\sigma_{CB}^2$
(PC) _{im}	GL ₄	Q ₁₃	$\sigma_e^2 + k_1\sigma_{PCA}^2 + k_2\sigma_{PC}^2$
(PCA) _{imq}	GL ₅	Q ₁₄	$\sigma_e^2 + k_1\sigma_{PCA}^2$
erro (ijkmq)	GL ₆	Q ₁₅	σ_e^2

σ_P^2 : variância genética entre progênes de meios-irmãos;

σ_{PA}^2 : variância da interação progênes x locais;

σ_{PB}^2 : variância do erro a;

ϕ_{C^2} : somatório dos desvios de cortes ao quadrado;

$\phi_{(CA)^2}$: somatório dos desvios da interação cortes x locais ao quadrado;

σ_{CB}^2 : variância do erro b;

σ_{PC}^2 : variância da interação progênes x cortes;

σ_{PCA}^2 : variância da interação de progênes x cortes x locais;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas;

k_n : valor associado a cada componente que foi gerado pelo programa estatístico

utilizado.

3.7 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos

Para cada local e na análise conjunta considerando todos os cortes, foram obtidas as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir das esperanças dos quadrados médios (Tabelas 2 e 3), com base na metodologia relatada por Vencovsky & Barriga (1992) e de acordo com as expressões apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Como os coeficientes de um determinado componente de variância se alteram de uma esperança do quadrado médio para o outro, foi necessário estimar um quadrado médio testador, que foi denominado de Q_{test} , permitindo estimar os componentes da variância genética e da variância da interação progênie x locais. A estimativa desse quadrado médio testador foi obtida utilizando-se o comando *test* do PROC GLM.

A partir da análise de variância individual para cada local e da análise conjunta considerando todos os cortes, obtiveram-se os intervalos de confiança para as estimativas da herdabilidade, conforme a metodologia preconizada por Knapp et al. (1985). Os limites inferior (L_I) e superior (L_S) dos intervalos de confiança a 95% ($\alpha = 0,05$) foram obtidos pelas expressões:

Limite inferior (L_I)

$$L_I = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_1}{Q_{test}} \right) F_{1-\alpha/2:(g^l_2; g^l_1)} \right]^{-1} \right\}$$

Limite superior (L_S)

$$\left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_1}{Q_{test}} \right) F_{\alpha/2:(g^l_2; g^l_1)} \right]^{-1} \right\}$$

$F_{1-\alpha/2}$ e $F_{\alpha/2}$: valor de F tabelado, com a probabilidade de $1-\alpha/2$ e $\alpha/2$ e com GL_1 , associado ao quadrado médio de progênies e GL_{test} graus de liberdade.

TABELA 4. Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos em cada local, obtidos a partir das informações contidas na Tabela 2.

Estimativas	Cada local	Expressão
$\hat{\sigma}_{Pq}^2$	Variância genética entre progênies no local q, envolvendo todos os cortes	$\frac{Q_1 - Q_{test}}{k_9}$
$\hat{\sigma}_{Fq}^2$	Variância fenotípica entre médias de progênies no local q, envolvendo todos os cortes	$\frac{Q_1}{k_9}$
$h^2_{mq}\%$	Herdabilidade para a seleção na média das progênies no local q, envolvendo todos os cortes	$\frac{Q_1 - Q_{test}}{Q_1}$
CVg_q	Coefficiente de variação genético entre as progênies no local q, envolvendo todos os cortes	$\frac{\sqrt{Q_1}}{\bar{X}_q} .100$
CVe_q	Coefficiente de variação ambiental no local q, envolvendo todos os cortes	$\frac{\sqrt{Q_6}}{\bar{X}_q} .100$
b_q	Razão entre o coeficiente de variação genético entre as progênies e o coeficiente de variação ambiental no local q, envolvendo todos os cortes	CVg_q / CVe_q

Q_1 : quadrado médio de progênies;

Q_{test} : quadrado médio testador;

k_9 : coeficiente associado ao componente de variância de progênies (σ_p^2);

\bar{X}_q : média das progênies no local q.

TABELA 5. Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos da análise conjunta, obtidas a partir das informações contidas na Tabela 3.

Estimativas	Cada local	Expressão
$\hat{\sigma}_p^2$	Variância genética entre progênes envolvendo os locais e cortes	$\frac{Q_7 - Q_{test'}}{k_{16}}$
$\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2$	Variância fenotípica entre médias de progênes envolvendo os locais e cortes	$\frac{Q_7}{k_{16}}$
$h^2_m \%$	Herdabilidade para a seleção na média das progênes envolvendo os locais e cortes	$\frac{Q_7 - Q_{test'}}{Q_7}$
CVg	Coefficiente de variação genético	$\frac{\sqrt{Q_7}}{\bar{X}} \cdot 100$
CVe	Coefficiente de variação ambiental	$\frac{\sqrt{Q_{15}}}{\bar{X}} \cdot 100$
b	Razão entre o coeficiente de variação e o coeficiente de variação ambiental	CV'g / CV'e
$\hat{\sigma}_{PA}^2$	Variância da interação progênes x locais	$\frac{Q_8 - Q_{test''}}{k_{12}}$

Q_7 : quadrado médio de progênes;

$Q_{test'}$: quadrado médio testador de progênes;

k_{16} : coeficiente associado ao componente de variância de progênes (σ_p^2);

\bar{X} : média das progênes;

Q_8 : quadrado médio da interação progênes x locais;

$Q_{test''}$: quadrado médio testador da interação progênes x locais;

k_{12} : coeficiente associado ao componente variância da interação progênes x locais (σ_{PA}^2).

Foi estimado o ganho esperado com a seleção entre as médias das progênies de meios-irmãos, considerando a recombinação por meio clonal das melhores progênies (Resende, 2002).

A expressão utilizada na estimativa do ganho esperado com a seleção entre progênies foi:

$$GSe = i \cdot \frac{\left(\frac{1}{4}\right)\sigma_A^2}{\sqrt{\sigma_F^2}} = i \cdot \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}$$

em que:

i : diferencial de seleção estandardizado, considerando a seleção de 17 progênies de meios-irmãos, ou seja, utilizando uma intensidade de seleção de 20,99%, em que $i = 1,375$.

$\hat{\sigma}_A^2$: estimativa da variância aditiva entre as progênies de meios-irmãos que, nesta situação, corresponde a quatro vezes da variância genética entre as progênies de meios-irmãos.

$\hat{\sigma}_P^2$: estimativa da variância genética entre as progênies de meios-irmãos.

$\hat{\sigma}_F^2$: estimativa da variância fenotípica entre as progênies de meios-irmãos.

A fim de estimar as correlações genéticas entre os cortes, foi necessário realizar análise conjunta dos cortes dois a dois, considerando ambos os locais. As correlações foram obtidas pela seguinte expressão (Vencovsky e Barriga, 1992):

$$r = \frac{\hat{\sigma}_{P(m,m')}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{Pm}^2 \cdot \hat{\sigma}_{Pm'}^2}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{P(m,m')}^2$: variância genética, considerando os cortes m e m' ;

$\hat{\sigma}_{Pm}^2$ e $\hat{\sigma}_{Pm'}^2$: são as variâncias genéticas nos corte m e m',
respectivamente.

4 RESULTADOS

Os resumos das análises de variâncias envolvendo os dados de cada corte nos diferentes locais, os dados conjuntos dos locais em cada corte e de todos os cortes em cada local estão apresentados nas Tabelas 1A, 2A e 3A, respectivamente. Observou-se que a precisão experimental, mensurada pela estimativa do coeficiente de variação ambiental (C_{Ve} - %), foi maior para a altura de plantas em todos os casos. De modo geral, os experimentos de Santa Mônica apresentaram menores estimativas de C_{Ve}. Para altura de plantas a menor estimativa do C_{Ve} foi de 12,24%, no primeiro corte (Tabela 1A), com amplitude de variação de 14,85%. Considerando-se a produtividade de matéria seca (PMS), a amplitude de variação foi de 23,21%, com a maior estimativa de 52,99% no segundo corte de avaliação de Coronel Pacheco.

A precisão dos experimentos também pode ser constatada pela estimativa do coeficiente de determinação das análises de variância, que foi superior a 60 % em todos os casos. Observa-se, ainda, que R² foi maior para as análises conjuntas dos dados, seja por locais (Tabela 2A) ou por cortes (Tabela 3A). Esse resultado evidencia razoável ajuste dos dados ao modelo utilizado nas análises, sendo maior quando se considerou mais de um local ou corte, ou seja, nas análises conjuntas.

Para todas as características consideradas, observaram-se diferenças significativas entre progênies, com exceção para PMS no primeiro corte de avaliação em Santa Mônica (Tabelas 1A, 2A e 3A). Esses resultados indicam a existência de variabilidade genética entre as progênies avaliadas, evidenciando a possibilidade de sucesso com a seleção para altura de plantas e PMS.

A interação entre progênies x locais foi significativa para todas as características na análise envolvendo os dados de cada corte (Tabela 2A), assim

como a interação progênies x cortes em cada local (Tabela 3A). Evidenciou-se, portanto, que o desempenho das progênies de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide para altura de plantas e PMS não foi consistente nos diferentes locais e quando se considerou os diferentes cortes dentro de cada local. A única exceção (progênies x locais) foi observada com PMS no segundo corte (Tabela 2A).

As médias de altura de plantas e PMS em Santa Mônica foram superiores às de Coronel Pacheco nos dois primeiros cortes de avaliação. No entanto, ocorreu o inverso nos dois cortes seguintes. A maior altura média de plantas foi observada em Santa Mônica, no primeiro corte (1,56m) e a menor, no terceiro corte (0,44m) desse mesmo local. O segundo corte de avaliação de Coronel Pacheco apresentou a menor PMS (3,11 t de MS/ha), enquanto o quarto corte em Coronel Pacheco produziu, em média, 12,49 t de MS/ha (Tabela 1A).

A Tabela 6 apresenta um resumo das análises de variância de ambas as características, envolvendo os dados de todos os cortes nos dois locais de avaliação. Assim como mencionado para as análises individuais, a precisão experimental das avaliações de altura de plantas foi maior do que a PMS. Ressalta-se, ainda, que houve bom ajuste dos dados ao modelo utilizado para análise, tanto para altura de plantas ($R^2=0,97$) como para PMS ($R^2=0,91$). Observou-se efeito significativo da fonte de variação progênies para altura de plantas e PMS, indicando a existência de variabilidade genética entre as progênies avaliadas. Também para locais e cortes detectaram-se efeitos significativos na análise de variância, evidenciando o comportamento diferencial das progênies nos diferentes cortes e locais de avaliação.

As distribuições de frequências dos valores genotípicos para altura de plantas e PMS apresentadas na Figura 1 realçam a existência de variabilidade para essas duas características entre as progênies de capim-elefante hexaplóide avaliadas. Para a PMS, a amplitude de variação foi de aproximadamente 6,8 t de

TABELA 6. Resumo da análise de variância conjunta envolvendo os dados de todos os cortes e locais para altura de plantas (m) e produtividade de matéria seca (PMS-t/ha/corte) de progênies de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide.

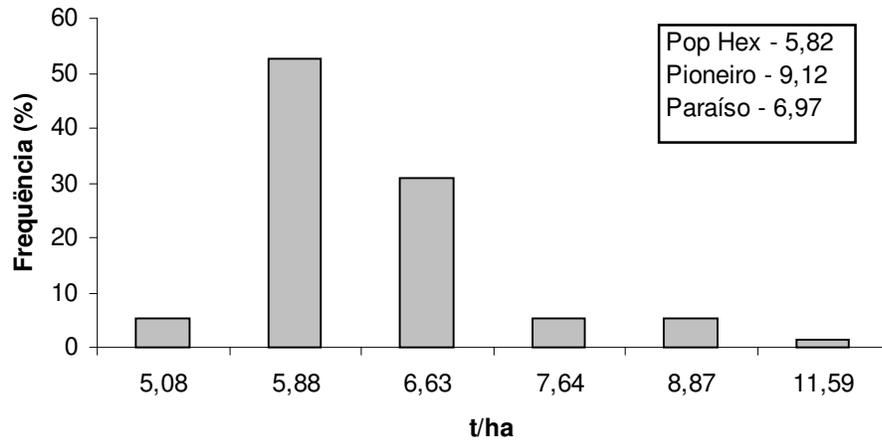
FV	GL	Altura (m)		PMS (t/ha/corte)	
		QM	Pr > F	QM	Pr > F
Local (A _i)	1	7,137	0,000	339,650	0,000
Progênies (P _i)	80	0,231	0,000	73,4678	0,000
(PA) _{il}	80	0,082	0,007	24,5843	0,013
Corte (C _m)	2(3)	85,196	0,000	6026,96	0,000
(CA) _{ml}	2(3)	32,025	0,000	543,739	0,000
(PC) _{im}	160(240)	0,040	0,000	13,0497	0,000
(PCA) _{iml}	160(240)	0,022	0,166	7,4393	0,000
Erro (ijklm)	544(809)	0,020		5,1714	
CV%		13,58		35,43	
R ²		0,97		0,91	
Média		1,04		6,42	

Valores entre parênteses correspondem aos GL para PMS.

MS/ha/corte, equivalente a 105,8% da média das progênies. No caso da altura de plantas a amplitude foi de apenas 0,4m ou 38,5% da média.

Todas as interações foram significativas para as duas características consideradas, exceto a interação progênies x cortes x locais para a altura de plantas (Tabela 6). Esses resultados mostram que o comportamento das progênies de capim-elefante hexaplóide não é consistente nos diferentes ambientes e cortes. As estimativas das correlações genéticas entre as médias de PMS dos diferentes cortes de avaliação, dois a dois, estão apresentados na

a)



b)

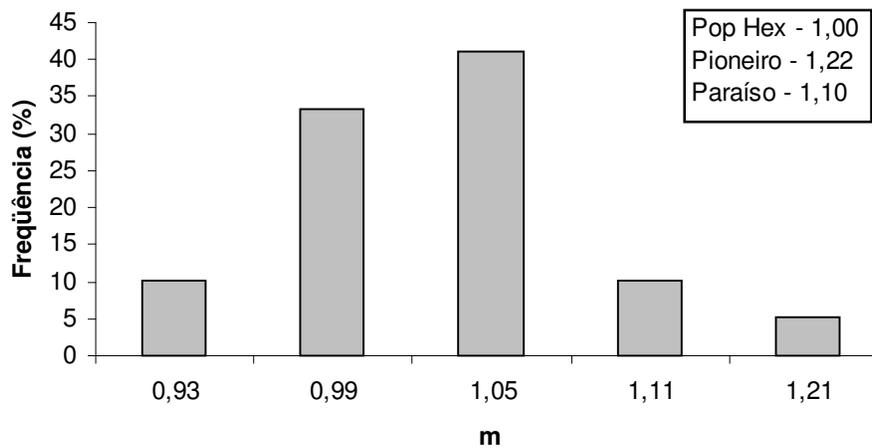


FIGURA 1. Distribuição de frequências dos valores genotípicos médios dos cortes e locais para (a) produtividade de matéria seca (t/ha) e (b) altura de plantas (m), das progênies de meios-irmãos de capim elefante hexaplóide.

Tabela 7. Esses resultados indicam que, apesar de haver alteração na classificação das progênies entre os cortes 1 e 3, e 1 e 4, a partir do segundo corte e entre os cortes 1 e 2, há uma grande coincidência entre a maioria das progênies de capim-elefante hexaplóide..

Para a PMS, a progênie “20” foi a que apresentou maior média da estimativa dos valores genotípicos em ambos os locais, com 9,84t de MS/ha/corte em Santa Mônica, 12,40t de MS/ha/corte em Coronel Pacheco e 11,59t de MS/ha/corte, considerando ambos os locais (Figura 1A, 2A e 3A). É oportuno comentar que pelo menos duas progênies foram superiores à melhor testemunha em qualquer um dos casos mencionados acima. Em Santa Mônica e na conjunta dos dois locais, a média de PMS das 17 melhores progênies, juntamente com a cv. Pioneiro, apresentou superioridade em relação às outras testemunhas (Figuras 1A e 3A). Considerando-se apenas as testemunhas, a ‘Paraíso’, cultivar comercial de capim-elefante hexaplóide, mostrou a pior PMS em Santa Mônica e o maior em Coronel Pacheco, confirmando a interação entre cultivares e locais, mencionada anteriormente.

TABELA 7. Correlações genéticas entre os cortes dois a dois, considerando os dois locais, da PMS em progênies de capim-elefante hexaplóide.

	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Corte 1	1,0000	0,5958	0,5267
Corte 2		0,8882	0,9275
Corte 3			1,0344

Constata-se também a semelhança entre o valor genotípico médio das progênies (Mo) e o valor genotípico da população hexaplóide, indicando que a amostra das progênies foi representativa da população original. Resultados semelhantes foram observados para altura de plantas (Figura 1A, 2A e 3A).

Pode-se observar, no gráfico da Figura 4A, que o comportamento de altura de plantas em Santa Mônica foi similar entre a média das progênies e a média das testemunhas população Hexaplóide e 'Paraíso'. Em Coronel Pacheco e na média dos locais, a testemunha população hexaplóide apresentou desempenho equivalente à média das progênies. O mesmo ocorreu com a média das testemunhas 'Pioneiro' e 'Paraíso' e a média das 17 melhores progênies (Figuras 5A e 6A).

Foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos de altura de plantas e da PMS, envolvendo todos os cortes em cada um dos locais e também para a média dos dois locais (Tabela 8). As estimativas da variância genética entre as progênies (σ_{Pi}^2), coeficiente de variação genética (CVg) e a herdabilidade (h_m^2) comprovam, mais uma vez, a existência de variabilidade entre as progênies para as duas características. Observa-se que a magnitude das estimativas foi superior para as avaliações realizadas em Coronel Pacheco. A estimativa das variâncias de progênies (σ_{Pi}^2) para PMS em Coronel Pacheco, por exemplo, foi duas vezes superior àquela observada em Santa Mônica.

A estimativa de herdabilidade para altura de plantas foi de 56,94%, e para PMS de 58,77% (Tabela 8), permitindo antever possibilidade de sucesso com a seleção. Verificou-se também que os limites inferiores das estimativas foram todos positivos, indicando que, com 95% de probabilidade, essas estimativas devem ser diferentes de zero.

TABELA 8. Estimativas da variância genética ($\hat{\sigma}_{Pi}^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), herdabilidade média no sentido restrito ($h^2_{m\%}$) e respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), coeficiente da variação genética (CVg), coeficiente de variação ambiental (CVe), variância da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}_{PA}^2$) e relação entre ($\hat{\sigma}_{PA}^2 / \hat{\sigma}_{Pi}^2 * 100$), obtidas na avaliação de progênes de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide.

Parâmetros	Santa Mônica		Coronel Pacheco		Conjunta	
	Altura	PMS	Altura	PMS	Altura	PMS
$\hat{\sigma}_{Pi}^2$	0,0058	1,6416	0,0175	3,4881	0,0082	2,0326
$\hat{\sigma}_F^2$	0,0126	3,6176	0,0258	5,5793	0,0144	3,4583
L _I %	19,41	19,31	51,96	44,86	34,28	37,31
$h^2_{m\%}$	46,03	45,38	67,83	62,52	56,94	58,77
L _S %	62,83	62,03	77,99	73,79	71,49	72,56
CVg	7,87	21,35	11,95	27,30	8,73	22,21
CVe	13,93	45,24	13,25	25,25	13,58	35,43
b	0,57	0,47	0,90	1,08	0,64	0,63
$\hat{\sigma}_{PA}^2$	-	-	-	-	0,0037	0,5301
$\hat{\sigma}_{PA}^2 / \hat{\sigma}_{Pi}^2$ (%)	-	-	-	-	44,6	26,1

Proporcionalmente à variância de progênie, a variância da interação progênes x locais na altura de plantas foi mais expressiva do que para a PMS. A variância da interação de progênes x locais é responsável por 26,1% da variância de progênes na PMS e 44,6% na altura de plantas (Tabela 8).

As estimativas dos ganhos esperados com a seleção estão apresentadas na Tabela 9. Verifica-se que as estimativas percentuais obtidas com a PMS foram superiores às obtidas com a altura de plantas. Como as estimativas de herdabilidade foram semelhantes e a precisão na avaliação da altura foi maior, a estimativa superior do ganho esperado na PMS é explicada pela maior variação genética nesse caráter.

Como os dados foram analisados também empregando-se o PROC MIXED do SAS[®], foi possível estimar o ganho esperado utilizando-se os valores genotípicos. Nesse caso, a expressão do ganho (GS) é fornecida por $GS = ds h^2$. Como a h^2 é 1, não há variação ambiental entre os valores genéticos preditos e o ganho passa a ser função apenas do diferencial de seleção (ds), ou seja, a diferença entre a média dos valores genotípicos das progênies selecionadas (M_s) e a média geral dos valores genotípicos (M_o). Como era esperado, observa-se que, em termos percentuais, os valores são muito semelhantes (Tabela 9).

Na Tabela 10, esta apresentada a classificação das dez melhores e dez piores progênies, considerando-se a PMS em cada corte e na média dos cortes, no experimento conduzido em Coronel Pacheco. Veja que a concordância foi muito boa. No caso do quarto corte, a classificação das dez melhores apresentou uma coincidência de nove progênies com a média dos cortes, indicando que esse corte representa bem o que aconteceu nos demais e que a estimativa do ganho obtido entre as progênies apenas no quarto corte reflete os demais.

Sendo assim, pode-se inferir, com base nos resultados apresentados, que a população utilizada é promissora para a continuação do processo de seleção recorrente.

TABELA 9. Estimativas do ganho com a seleção (GSe), obtidas por meio do desvio fenotípico estandardizado (i) e pelo diferencial de seleção (ds), para altura de planta (m) e para produtividade de matéria seca (PMS em t/ha/corte) em progênies de capim-elefante hexaplóide, considerando cada local e ambos os locais.

GSe	Santa Mônica		Coronel Pacheco		Conjunta	
	Altura	PMS	Altura	PMS	Altura	PMS
i	0,07	1,19	0,15	2,03	0,19	1,50
ds	0,07	1,18	0,15	1,87	0,18	1,43
i (%)	7,34	19,78	13,56	29,69	18,12	23,41
ds (%)	7,00	18,98	13,46	27,32	17,66	22,36

TABELA 10. Dez melhores e piores progênies de capim-elefante hexaplóide para PMS, nos diferentes cortes e na análise conjunta, em Coronel Pacheco.

Classificação	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Conjunta
1 ^a	20	20	20	20	20
2 ^a	30	30	61	30	61
3 ^a	3	55	3	61	30
4 ^a	39	61	30	13	3
5 ^a	35	3	39	39	39
6 ^a	61	39	55	66	55
7 ^a	42	35	46	3	13
8 ^a	29	66	26	26	35
9 ^a	55	42	35	55	26
10 ^a	68	68	54	54	66
69 ^a	75	22	43	76	64
70 ^a	58	50	24	28	57
71 ^a	51	57	8	73	63
72 ^a	50	64	41	11	76
73 ^a	41	19	75	69	16
74 ^a	76	69	22	22	25
75 ^a	5	51	50	50	69
76 ^a	57	2	69	75	50
77 ^a	70	16	2	2	2
78 ^a	2	70	16	16	75

5 DISCUSSÃO

O sucesso de qualquer processo seletivo é dependente da precisão experimental com que as progênes foram avaliadas. Neste trabalho, o coeficiente de variação experimental (CVe) foi de 35,4% na PMS e de 13,6% na altura de plantas. A comparação de estimativas da precisão experimental utilizando o CVe é difícil, pois ela depende da espécie sob avaliação, do caráter e de outras condições experimentais, tais como número de repetições, tamanho de parcela e delineamento utilizado (Ramalho et al., 2000). Não foi encontrado nenhum relato da estimativa de CVe com progênes de meios-irmãos em capim-elefante. Pelos resultados obtidos por Diz & Schank (1995), avaliando altura de plantas em progênes S_1 de capim-elefante hexaplóide, mostraram maior estimativa do CVe do que as obtidas no presente estudo. Contudo, com milho há relatos de CVe inferiores ao obtido neste trabalho, envolvendo também progênes de meios-irmãos, para a produtividade de matéria seca, porém, a parcela possuía maior número de indivíduos (Ramalho, 1999).

Comparando-se com outras culturas fica evidente a menor precisão dos experimentos de forrageiras, o que já havia sido detectado por Clemente & Muniz (2002), em trabalho de revisão a respeito de experimentos de avaliação de espécies forrageiras, para a maioria das características normalmente consideradas. De acordo com os resultados daquele estudo, os autores propuseram uma faixa de classificação da precisão de experimentos de forrageiras, diferente daquela proposta por Pimentel & Gomes (1990).

Para PMS, mesmo considerando a nova classificação, o CVe obtido nesse estudo é considerado alto, embora sejam encontradas maiores estimativas na literatura (Clemente & Muniz, 2002). Uma das possíveis causas das elevadas estimativas de CVe é o tipo de material genético estudado. Como o capim-

elefante, normalmente, é propagado vegetativamente, a maioria dos estudos envolve a avaliação de clones. No presente trabalho, foram avaliadas progênies de meios-irmãos extraídas de uma população com ampla variabilidade genética, comprovada pelas estimativas da variância genética, herdabilidade e do coeficiente de variação genético (Tabela 6). Contudo, vale ressaltar que Silva (2001), avaliando clones, encontrou um valor de CVe para PMS superior ao obtido neste trabalho.

A precisão também pode ser avaliada por meio coeficiente de determinação (R^2), que estima a proporção da variação total que é devida a todas as fontes de variação exceto o erro. No presente caso, nas análises conjuntas e envolvendo todos os cortes e locais, o R^2 foi 90,67% na PMS e 96,61% na altura de plantas (Tabela 6). Esses resultados evidenciam que o modelo adotado foi adequado e que as progênies foram avaliadas com boa precisão.

Um outro ponto a ser considerado, sobretudo quando se obtém estimativa de parâmetros genéticos, é se o número de progênies representa a população de referência. No caso de progênies de meios-irmãos, com a cultura do milho, considerando o caráter produtividade de grãos, há informações de que devam ser avaliadas, pelo menos, 50 progênies (Lima Neto & Souza Júnior, 1994). Como neste trabalho foram avaliadas 78 progênies, acredita-se que a amostra seja representativa. Para comprovar essa observação, foi incluída no experimento a população de referência, como testemunha. A média dessa testemunha foi muito semelhante à das 78 progênies (Figuras 1A, 2A, 3A, 4A, 5A e 6A), evidenciando a representatividade da população de referência.

Uma população, para ser escolhida em um programa de seleção recorrente, deve associar média alta e a maior variabilidade possível (Souza Junior, 2001). O rendimento médio de forragem (PMS) das progênies avaliadas nos quatro cortes e dois locais foi de 6,42t de MS/ha/corte (Tabela 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2003), avaliando a PMS

da cultivar Pioneiro nas condições da Zona da Mata de Pernambuco e por Souza Sobrinho et al. (2005), estudando híbridos triplóides entre capim-elefante e milho. Santos et al. (1994) obtiveram produção média de 10,6t/ha/corte, cerca de 65% superior à média do presente estudo, avaliando oito híbridos entre capim-elefante e milho. Essa superioridade se deve, provavelmente, ao maior intervalo entre cortes utilizado por Santos et al. (1994), permitindo maior crescimento e acúmulo de matéria seca. Por outro lado, produtividades médias inferiores (5,43 t de MS/ha/corte) às relatadas anteriormente foram observadas por Silva (2001), avaliando clones selecionados de capim-elefante em Pernambuco. Depreende-se que, sob o ponto de vista da média, a população utilizada é promissora.

Vale ressaltar que algumas progênies de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide apresentaram produtividade de matéria seca semelhante ou até mesmo superior à média das testemunhas utilizadas (Figura 3A). Como as testemunhas são cultivares comerciais já adaptadas, com boa aceitação pelos pecuaristas, fica claro o potencial produtivo da população sob avaliação (Figuras 1A, 2A e 3A).

No que tange à variabilidade genética entre as progênies, foi constatado, na altura de plantas e na PMS, que ela é alta. Por se tratar de uma espécie forrageira com diferentes formas de utilização (Pereira et al., 2001), a presença de variabilidade genética entre as progênies avaliadas para altura de plantas permite a seleção destinada não só a capineiras (plantas mais altas), como também para o pastejo (plantas mais baixas). As estimativas da herdabilidade por exemplo, superiores a 45% e com limite inferior da estimativa sempre positivo, para ambas as características, comprovam esse fato (Tabela 6).

Há escassez de relatos de estimativas de parâmetros genéticos com forrageiras, especialmente no Brasil. O único relato para herdabilidade encontrada na literatura para a altura de plantas de progênies S_1 de capim-

elefante hexaplóide apresentou estimativa 7,6 vezes ($h^2 = 7,5\%$) inferior à observada neste trabalho (Diz & Schank, 1995). Para híbridos interpopulacionais de *Brachiaria*, Resende et al. (2002) encontraram estimativas de $h^2 = 65\%$ para PMS. Na cultura do milho, Ramalho (1999) obteve estimativa de herdabilidade de 52,2% em progênies de meios-irmãos e Silva et al. (1998) 45,8% em progênies $S_1 \times S_1$ interpopulacionais, considerando a PMS de silagem, muito semelhantes às obtidas neste trabalho.

Os dois locais utilizados não apresentam grandes diferenças em condições climáticas. Na média dos quatro cortes, o desempenho em Coronel Pacheco foi superior ao de Santa Mônica (Tabela 3A). O mais importante, sobretudo, é verificar se ocorreu interação expressiva entre progênies x locais. Embora elas tenham sido significativas (Tabelas 6), o componente de interação progênies x locais (σ_{PA}^2) foi de pequena magnitude, se comparado à variação genética entre as progênies (Tabela 8). Essa informação certamente poderá orientar no planejamento dos futuros trabalhos de seleção a serem conduzidos na região.

Na avaliação de uma forrageira perene, um dos questionamentos é o número de cortes a serem realizados. É evidente que, quanto menor for esse número, mais precoces as avaliações, mais dinâmico será o programa de seleção e maior o ganho por unidade de tempo. Não foi encontrada informação a esse respeito com a cultura do capim-elefante e a produtividade média entre os cortes, como era esperado, foi muito variável (Tabela 2A).

As interações entre progênies x cortes, que é fundamental na decisão a respeito da seleção precoce, foram, em todos os casos, significativas (Tabelas 6 e 3A). Contudo, vale salientar que as estimativas das correlações genéticas do desempenho médio das progênies nos diferentes cortes dois a dois foram altas (Tabela 7). Para reforçar essa observação, na Tabela 10 estão listadas as dez melhores e piores progênies em cada corte e na média dos cortes. A

concordância das progênies que seriam selecionadas nos diferentes cortes é grande. Mesmo quando se compara o primeiro corte com o quarto, em que a estimativa de correlação foi menor, entre as dez melhores progênies seis foram comuns às duas situações. Em princípio, esses resultados evidenciam que a seleção precoce é viável. Há necessidade, contudo, de que outras informações sejam obtidas para confirmar esse fato.

O ganho esperado com a seleção entre as progênies foi estimado utilizando-se o desempenho médio dos quatro cortes na PMS e três na altura de plantas e considerando a análise por local e conjunta (Tabela 9). Em todos os casos, o ganho esperado com a seleção foi sempre superior para a PMS. Na média dos dois locais, ele foi de 23,41% e 18,12% para altura de plantas, evidenciando em mais essa oportunidade, o potencial dessa população para um programa de seleção recorrente. O ganho esperado será ainda maior se for considerada a possibilidade de seleção dentro das progênies.

Como o desempenho médio das dezessete progênies selecionadas foi até superior ao da cultivar Paraíso, que é também hexaplóide e propagada por semente, é possível recomendar uma nova cultivar, que poderá substituir com vantagem a 'Paraíso' após um pequeno número de ciclos seletivos.

Uma das progênies de meios-irmãos, a de número 20, destacou-se em todos os cortes e, nos dois locais, com PMS superior à melhor testemunha (cv. Pioneiro). Seria oportuno avaliar mais extensivamente indivíduos selecionados dentro dessa progênie e propagá-los por meio assexuado ou gerar uma nova população, por meio sexuado, utilizando apenas os descendentes dessa progênie. É provável que a endogamia possa reduzir sua produtividade, contudo, é uma tentativa justificável.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho permitem concluir que a população base de capim-elefante da Embrapa Gado de Leite mostrou-se promissora para um programa de seleção recorrente, associando média alta e variabilidade suficiente para o sucesso com a seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANCÂNTARA, P.B.; ANCÂNTARA, V.B.G.; ALMEIDA, J.E. Estudo de vinte e cinco prováveis variedades de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.37, n.2, p.279-302, 1980.

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo: Nobel, 1988. 162p.

ANUALPEC 2004: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2004. 376p.

BARBOSA, S. **Micropropagação e duplicação cromossômica de híbridos de triploide de capim-elefante e milho**. 2004. 119p. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BODDORFF, D.; OCUMPAUGH, W.R. Forage quality of pearl millet x napiergrass hybrids and dwarf napiergrass. **Soil and Crop Science Society of Florida**, v.45, p.170-173, 1986.

BODGAN, A.V. **Tropical pastures and fodder crops**. New York: Longman, 1977. 475p.

BRUNKEN, A.V. A systematic study of *Pennisetum* Sect *Pennisetum* (gramínea). **American Journal of Botany**, New York, v.64, n.2, p.161-176, 1977.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001. 282p.
BURTON, G.W. Hybrids between napier grass and cattail millet. **Journal of Heredity**, Washington, v.35, p.227-232, 1944.

CARNEIRO, H.; SOUZA SOBRINHO, F. Nutritional quality of Embrapa Gemoplasm of elephant grass collection. **Animal Feed Science and Technology**, 2005. (No prelo).

CARO-COSTAS, R.; VICENTE-CHANDLER, J. Production with all-grass rations from steep, intensively managed tropical pastures. **Journal of**

Agriculture of University of Puerto Rico, Rio Piedras, v.53, n.4, p.251-258, 1969.

CARO-COSTAS, R.; VICENTE-CHANDLER, J. Milk production of young Holstein cows fed only on grass pasture over three successive lactations.. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.58, n.1, p.18-25, 1974.

CLEMENTE, A.L.; MUNIZ, J.A. Avaliação do coeficiente de variação em experimentos com gramíneas forrageiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.197-203, 2002.

COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, Raleigh, v.4, p.254-266, 1948.

COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. **Estimation of average dominance of genes**. In: GOWEN, J.W. (Ed.). *Heterosis: Iowa State College*, 1952. p.495-516.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos aplicado ao melhoramento de plantas**. Viçosa: Ceres, 2003.

DERESZ, F. Capim-elefante manejo em sistema rotativo para produção de leite e carne. In: PASSOS, L.P et al. (E.). **Biologia e manejo do capim-elefante**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1999. p.161-172

DIZ, D.A. **Breeding procedures and seed production management n pearl millet X elephantgrass hexaploids hybrids**. 1994. 118p. (Tese PhD)- University of Florida, Florida.

DIZ, D.A.; SCHANK, S.C. Heritabilities, genetic parameters, and response to selection in pearl millet x elephantgrass hexaploid hybrids. **Crop Science**, Madison, v.35, p.95-101, 1995.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to qualitative genetics**. Longman Malaysia, 1996. 463p.

FARIA, V.P. de. Formas ed uso do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Coronel Pacheco. **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 1994. p.139-148.

GOMES, M.S. **Valores genéticos de linhagens de molho na produção e digestibilidade da silagem**. 2003. 135p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GONZALEZ, B.; HANNA, W.W. Morphological and fertility responses in isogenic triploid and hexaploid pearl millet x napiergrass hybrids. **Journal of Heredity**, New York, v.75, n.4, p.317-318, 1984.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University, 1988. 468p.

HANNA, W.W. Method of reproduction in napiergrass and in the 3X and 6X allopolyploid hybrids with pearl millet. **Crop Science**, Madison, v.21, p.123-126, 1981.

HANNA, W.W. et al. Effects of ploid on yield and quality of pearl millet x napiergrass hybrids. **Agronomy Journal**, v.76, p.669-971, 1984.

HANNA, W.W. Melhoramento do capim-elefante. In: PASSOS, L.P. et al. (Ed.). **Biologia e manejo do capim-elefante**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1999. p.161-172.

HANNA, W.W.; DUJARDIN, M. Cytology and reproductive behavior of pearl millet – napiergrass x *Pennisetum squamulatum* trispecific. **The Journal of Heredity**, Washington, v.76, n.5, p.382-384, 1985.

HANNA, W.W.; MONSON, W.G. Yield, quality, and breeding behavior of pearl millet x napiergrass interspecific hybrids. **Agronomy Journal**, v.72, p.358-360, 1980.

HARLAN, J.R. Agricultural origins: centers and noncenters. **Science**, v.174, p.468-474, 1971.

HILLESHEIM, A. Manejo do gênero *Pennisetum* sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p.77-78.

HILLESHEIM, A. Manejo do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.117-141.

HUMPHEYS, L.R.; RIVEROS, F. **Tropical pasture deed production**. 3.ed. Roma: FAO, 1986. 203p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 8).

JACQUES, A.V.A. Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco. **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 1990. 195p.

JAHUAR, P.P. **Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species**. New York: Alan R. Liss, 1981.

JAHUAR, P.P.; HANNA, W.W. Cytogenetics and genetics of pearl millet. **Advances in Agronomy**, New York, v. 64, p. 1-26, 1998.

KNAPP, S.J.; STROUP, W.W.; ROSS, W.M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, v.25, n.1, p.192-194, 1985.

LAVEZZO, W. Ensilagem do capim-Elefante. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p.169-275.

LEDO, F.J.S. et al. Seleção de clones de capim-elefante avaliados em diferentes regiões brasileiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.

LIMA NETO, F.P.; SOUZA JUNIOR, C.L. Tamanho da amostra para a determinação de parâmetros genéticos em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1994. p.28.

MAIRE, R. **Flore l'Afrique du Nord**. Paris: Paul Lechevalier, 1952. v.1.

MALDONADO, J.A. El pasto elefante o grama elefante *Pennisetum purpureum* (schum). **Revista Industrial y Agrícola de Tucuman**, Tucuman, v.39, n.1-9, p.22-29, 1955.

MINOCHA, J.L. Pearl millet cytogenetics. In: GUPTA, P.K. **Chromosome engineering in plants genetics**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p.599-611.

MOZZER, O.L.; SIQUEIRA, C.; NOVAES, L.P. **Capineira**: formação e utilização. 2.ed. São Paulo: Nestlé, 1986. 163p. (Curso de Pecuária Leiteira, 3)

NARCISO SOBRINHO, J. **Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) em três estádios de maturidade, submetido ao emuchercimento.** 1998. 105p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OSGOOD, R.V.; HANNA, W.W.; TEW, T.L. Hybrid seed production of pearl millet x napiergrass triploid hybrids. **Crop Science**, Mandison, v.37, n.3, p.998-999, 1997.

PALOMINO, E. C. **Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meios-irmãos de milho.** 1998. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PANTULU, J. V.; RAO, K. Cytogenetics of pearl millet. **Theory Applied Genetic**, Berlin, v.61, p.1-17, 1982.

PEREIRA, A.V. et al. Comportamento da alfafa cv. Crioula de diferentes origens e estimativas dos coeficientes de repetibilidade para caracteres forrageiros. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.4, p.686-690, jul./ago. 1998.

PEREIRA, A.V. et al. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L. L. et al. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas.** Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. p.549-602.

PEREIRA, A.V. et al. Tendências no melhoramento genético e produção de sementes de forrageiras no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras:UFLA/FAEPE, 2003. CD-ROM.

PEREIRA, R.M.M. et al.. Competição de dez gramíneas para capineira no cerrado. Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.13, n.74, p.141-153, 1966.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** São Paulo: ESALQ, 1990. 468p.

RAMALHO, A.R. **Comportamento de progênies de meio-irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho.** 1999. 78p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326p.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993.
- RESENDE, M.D.V. de. **Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa, 2002. 975p.
- RESENDE, R.M.S. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos de cruzamentos interespecíficos em *Brachiaria*. . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.
- RODRIGUES, L.R. de A.; PEDREIRA, J.V.S.; MATTOS H.B. de. Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.13, n.4, p.201-218, 1975.
- SANTOS, F.G. dos. **Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de importância agrônômica em sorgo forrageiro. (*Sorghum bicolor* (L.) Moneh), utilizando-se progênies de meio-irmãos e S₁**. 1991. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.
- SANTOS, M.C.S.; TABOSA, J.N.; DIAS, F.M.; FREITAS, E.V.; LIRA, M.A. Comportamento de clones de capim-elefante e de híbridos de capim-elefante x milho no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1609-1615, 1994.
- SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SILVA, M.C.; SANTOS, S.F.; FERREIRA, R.L.C.; MELLO, A.C.L., FARIAS, I.; FREITAS, E.V. Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 821-827, 2003.
- SAS INSTITUTE. SAS: user's guide statistical version 8.0. Cary, NC, 2000.
- SCHANK, S.C. et al. Genetic improvement of napiergrass and hybrids with pearl millet. **Biomass and Bioenergy**, v. 5, n. 1, p. 35-40, 1993.

SCHANK, S.C. Melhoria do capim-elefante. In: PASSOS, L.P. et al. (Ed.) **Biologia e manejo do capim-elefante**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1999. p.161-172.

SCHANK, S.C.; CHYNOWETH, D.P. Napiergrass genotypes as biomass and (or) forage. **Tropical. Agricultural**, Trinidad, v.60, n.1, p.83-87, Jan. 1993.

SILVA, A.L.C. **Avaliação e seleção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco**. 2001, 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Forragicultura)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, PE.

SILVA, P.C. da; AYALA-OSUNA, J.T.; ARAÚJO, S.M.C. de. Avaliação genotípica e fenotípica de híbridos interpopulacionais de milho para fins forrageiros. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Anais...** Recife: IPA, 1998. CD-ROM.

SILVEIRA, A.C. **Contribuição para o estudo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) como reserva forrageira no trópico**. Botucatu, 1976. 234p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

SOLLENBERGER, L.E. et al. ‘Mott’ dwarf elephantgrass: a high quality forage for the subtropics and tropics. **Soil and Crop Sci. Soc. Fla Proc.**, Gainesville, v. 46, p.42-45, 1987.

SOUZA JÚNIOR, C.L. de. **Componentes de variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 134p.

SOUZA JUNIOR, C.L. Melhoria de plantas alogamas. In: NASS, L. L. et al. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. p.549-602.

SOUZA SOBRINHO, F. Melhoria de forrageiras no Brasil. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. CD-ROM.

SOUZA SOBRINHO, F. et al. Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2005. (No prelo)

SPITALERI, R.F. et al. Defoliation effects on agronomic performance of seeded *pennisetum* hexaplóide hybrids. **Agronomy Journal**, v.86, p.695-698, 1994.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. Nova York : McGraw-Hill, 1997. 672p.

TECHIO, V.H. **Meiose e análise genômica em *Pennisetum* spp.** 2002. 104p. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VICENTE-CHANDLER, J. et al. **Producción y utilización intensiva de lãs forrajeras em Puerto Rico**. Rio Piedras: Universidade de Puerto Rico- Estacion Experimental Agrícola, 1983. 226p. (Boletim, 271).

VILELA D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: CARVALHO, M.M. et al. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p.117-164.

VILELA, H. et al. Efeito da idade planta sobre a produção e valor nutritivo do capim elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: SBZ, 2001. p.320-321.

VILELA, H. et al. Produção e composição química do capim elefante Paraíso submetido a três alturas de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife, PE: SBZ/URPE, 2002. CD-ROM.

VILELA, H.; RODRIGUEZ, N.; DIAS TEIXEIRA, E. Produção de forragem de um híbrido hexaplóide (*Pennisetum glaucum* X *Pennisetum purpureum*) e seu valor nutritivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora.,. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 324p.

XAVIER, D.F. et al. Poder germinativo de sementes de Capim-elefante. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.4, p.565-571, 1993.

ZUNIGA, M.P.; SYKES, D.J.; GOMIDE, J.A. Competição de treze gramíneas para corte, com e sem adubação, Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.13, n.77, p.324-343, 1967.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A. Resumo das análises de variância individuais por corte e local, para altura de plantas (m) e produtividade de matéria seca (PMS - t/ha).....	59
TABELA 2A. Resumo das análises de variância conjunta dos locais em cada corte, para altura de plantas e produtividade de matéria seca.....	60
TABELA 3A. Resumo das análises de variância por local para as características altura de planta (altura), em metros e produtividade de matéria seca (PMS), em t/ha/corte	61
FIGURA 1A. Estimativa dos valores genotípicos médios para PMS das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, em Santa Mônica.....	62
FIGURA 2A. Estimativa dos valores genotípicos médios para PMS das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, em Coronel Pacheco.....	62
FIGURA 3A. Estimativa dos valores genotípicos médios para PMS das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, nos dois locais.	63

- FIGURA 4A. Estimativa dos valores genotípicos médios para altura de plantas das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, em Santa Mônica.63
- FIGURA 5A. Estimativa dos valores genotípicos médios para altura de plantas das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, em Coronel Pacheco.64
- FIGURA 6A. Estimativa dos valores genotípicos médios para altura de plantas das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, nos dois locais.64

ANEXO B

Página

ANEXO 1B. Rotinas utilizadas para a análise de variância individual e conjunta de locais por corte, envolvendo progênes de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide.65

ANEXO 2B. Rotinas utilizadas para a análise de variância individual e conjunta de locais, considerando todos os cortes e envolvendo progênes de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide.66

TABELA 1A. Resumo das análises de variância individuais por corte e local, para altura de plantas (m) e produtividade de matéria seca (PMS - t/ha).

FV	GL	Santa Mônica		Coronel Pacheco	
		QM altura	QM PMS	QM altura	QM PMS
Corte 1					
Progênes	80	0,0772**	4,9612 ^{ns}	0,0788**	7,0555**
Erro	242	0,0364	3,7004	0,0399	2,9415
Média		1,56	6,50	1,48	5,11
CV%		12,24	29,60	13,49	33,56
R ²		0,7214	0,6134	0,6175	0,6408
Corte 2					
Progênes	80	0,0467*	3,4352**	0,0764**	6,1002**
Erro	242	0,0315	1,7241	0,0329	2,7193
Média		0,90	3,56	0,67	3,11
CV%		19,77	36,85	27,09	52,99
R ²		0,6548	0,6285	0,6389	0,6077
Corte 3					
Progênes	80	0,0392**	7,5414**	0,1171**	37,3445**
Erro	242(238)	0,0115	1,3911	0,0273	8,3554
Média		0,44	3,40	1,17	6,65
CV%		24,12	34,64	14,12	43,45
R ²		0,7236	0,8042	0,7499	0,7525
Corte 4					
Progênes	80		62,5363**		31,2165**
Erro	242		30,4702		13,2057
Média			10,49		12,49
CV%			52,62		29,08
R ²			0,5958		0,6373

Valor entre parênteses correspondem à produtividade de matéria seca .

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

TABELA 2A. Resumo das análises de variância conjunta dos locais em cada corte, para altura de plantas e produtividade de matéria seca.

FV	Altura (m)			PMS (t/ha)	
	GL	QM	Pr > F	QM	Pr > F
Local	1	0,7428	0,000	234,4166	0,000
Progênieis	80	0,1062	0,000	7,3920	0,000
P x L	80	0,0515	0,041	4,5449	0,034
Erro	272	0,0382		3,3209	
CV%		12,85		31,39	
Média	Corte 1	1,52		5,81	
Local	1	6,3380	0,000	24,6803	0,001
Progênieis	80	0,0810	0,000	7,0993	0,000
P x L	80	0,0428	0,049	2,4151	0,3087
Erro	272	0,0322		2,2217	
CV%		22,90		44,66	
Média	Corte 2	0,78		3,34	
Local	1	64,1065	0,000	1215,27	0,000
Progênieis	80	0,1240	0,000	32,3652	0,000
P x L	80	0,0322	0,002	10,2475	0,000
Erro	272(266)	0,0194		4,8994	
CV%		17,25		43,96	
Média	Corte 3	0,81		5,04	
Local	1			474,016	0,000
Progênieis	80			64,7033	0,000
P x L	80			29,7189	0,037
Erro	271			21,8698	
CV%				40,70	
Média	Corte 4			11,49	

Valor entre parênteses corresponde à produtividade de matéria seca.

TABELA 3A. Resumo das análises de variância por local para as características altura de planta (altura), em metros e produtividade de matéria seca (PMS), em t/ha/corte.

FV	GL	Santa Monica		Coronel Pacheco	
		QM altura	QM PMS	QM altura	QM PMS
Progenies (P _i)	80	0,1023**	38,7479**	0,2090**	59,8887**
Corte (C _m)	2 (3)	76,4625**	2651,02**	40,7590**	3910,08**
(PC) _{im}	160(240)	0,0304**	13,1943**	0,0316**	7,3162**
Erro (ijklm)	272(405)	0,0182	7,3680	0,0215	2,9802
CV%		13,93	45,24	13,25	25,25
R ²		0,9738	0,8592	0,9524	0,9483
Média		0,97	6,00	1,11	6,84

Valores ente parênteses correspondem à produtividade de matéria seca.

** - significativo, pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

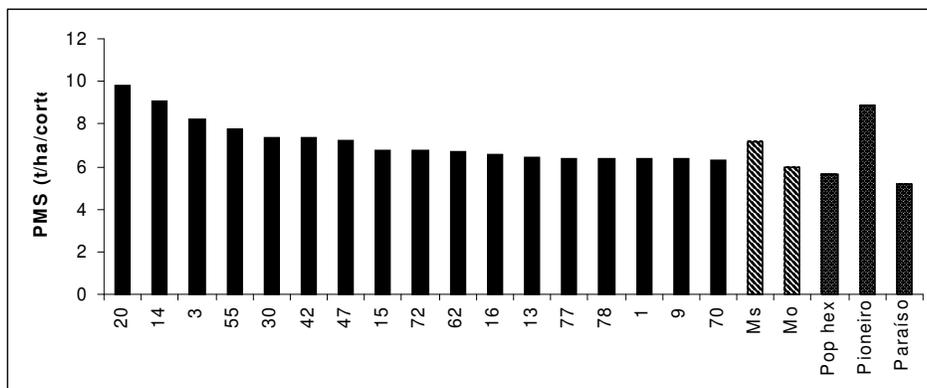


FIGURA 1A. Estimativa dos valores genotípicos médios para PMS das 17 melhores progênes, das testemunhas, das progênes selecionadas (Ms) e de todas as progênes (Mo) de capim- elefante hexaplóide, em Santa Mônica.

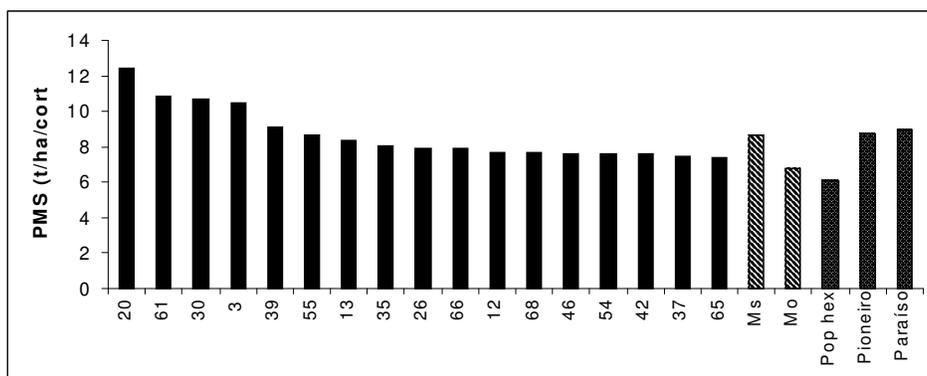


FIGURA 2A. Estimativa dos valores genotípicos médios para PMS das 17 melhores progênes, das testemunhas, das progênes selecionadas (Ms) e de todas as progênes (Mo) de capim- elefante hexaplóide, em Coronel Pacheco.

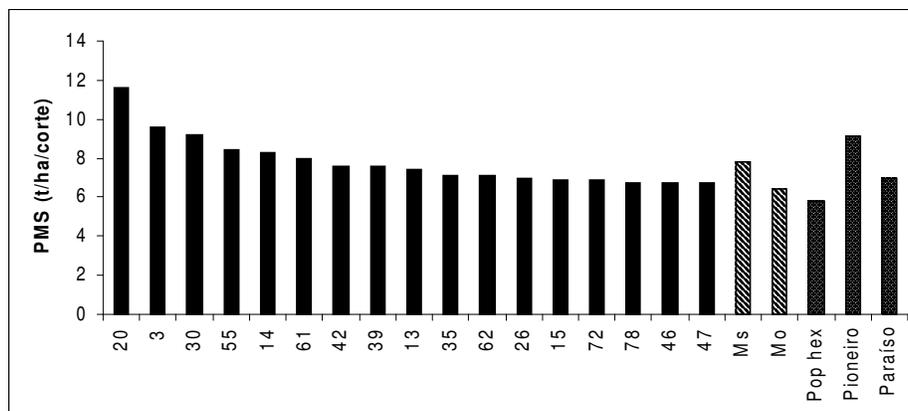


FIGURA 3A. Estimativa dos valores genotípicos médios para PMS das 17 melhores progênes, das testemunhas, das progênes selecionadas (Ms) e de todas as progênes (Mo) de capim-elefante hexaplóide, nos dois locais.



FIGURA 4A. Estimativa dos valores genotípicos médios para altura de plantas das 17 melhores progênes, das testemunhas, das progênes selecionadas (Ms) e de todas as progênes (Mo) de capim-elefante hexaplóide, em Santa Mônica.

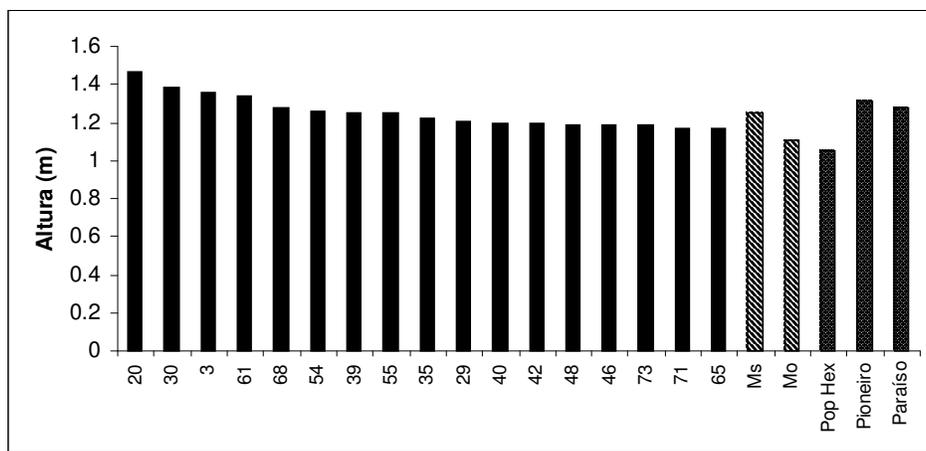


FIGURA 5A. Estimativa dos valores genotípicos médios para altura de plantas das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, em Coronel Pacheco.

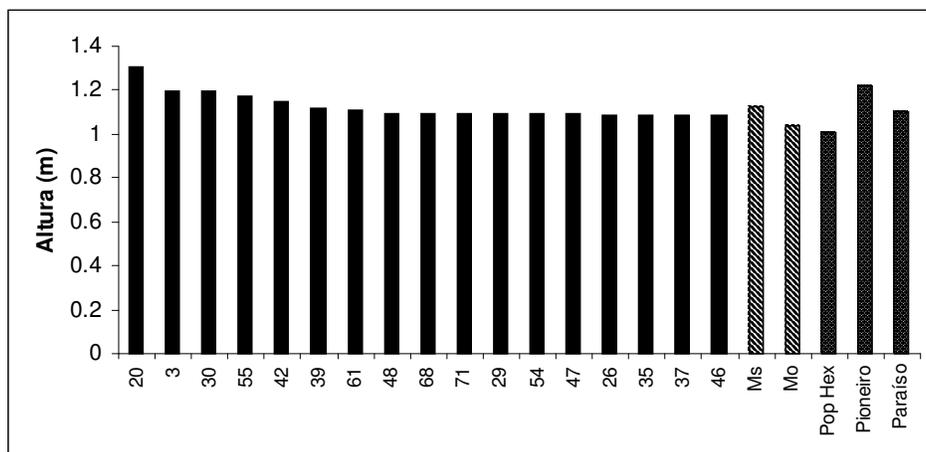


FIGURA 6A. Estimativa dos valores genotípicos médios para altura de plantas das 17 melhores progênies, das testemunhas, das progênies selecionadas (Ms) e de todas as progênies (Mo) de capim-elefante hexaplóide, nos dois locais.

ANEXO B

ANEXO 1B

ANEXO 1B. Rotinas utilizadas para a análise de variância individual e conjunta de locais por corte envolvendo progênies de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide.

Análise de variância individual de local por corte

```
data disscom;  
input local bloco rep trat altura prodms;  
  
datalines;  
  
1 1 1 1 1.45 3.25  
  
...  
;  
  
proc glm data=disscom;  
title 'Individual por corte';  
class bloco rep trat;  
model altura = rep bloco(rep) trat;  
random rep bloco(rep) trat /test;  
lsmeans trat;  
by local;  
run;quit;
```

Análise de variância conjunta por corte

```
data disscom;  
input local bloco rep trat altura prodms;  
  
proc glm data=disscom;  
title 'Individual por corte';  
class localbloco rep trat;  
model altura = local rep(local) bloco(rep*local) trat trat*local;
```

```
random rep(local) bloco(rep*local) trat trat*local / test;
lsmeans trat local;
run;quit;
```

ANEXO 2B

ANEXO 1B. Rotinas utilizadas para a análise de variância individual e conjunta de locais, considerando todos os cortes e envolvendo progênies de meios-irmãos de capim-elefante hexaplóide.

Análise de variância com parcela subdividida por local

```
data dissscom;
input local bloco rep trat corte altura prodms;
datalines;
1 1 1 1 1 1.45 3.25
...
;

proc glm data=dissscom;
title "Lattice com parcela subdividida no tempo";
class bloco rep trat corte;
model altura prodms = rep bloco(rep) trat trat*bloco(rep)
corte corte*bloco(rep) corte*trat;
random rep bloco(rep) trat trat*bloco(rep) corte*bloco(rep) corte*trat / test;
by local;
run;quit;

proc mixed data=dissscom covtest method=REML;
title'Cortes por local';
class bloco rep trat corte;
model altura = rep corte;
random rep bloco(rep) trat trat*bloco(rep) corte*bloco(rep) corte*trat / solution;
by local;
run;quit;
```

Análise de variância com parcela subdividida conjunta

```
proc glm data=disscom;  
title "Conjunta dos locais";  
class bloco rep trat corte local;  
model altura prodms = local rep(local) bloco(rep*local) trat trat*local  
trat*bloco(rep*local)  
corte corte*local corte*bloco(rep*local) corte*trat corte*trat*local;  
random rep(local) bloco(rep*local) trat trat*local trat*bloco(rep*local)  
corte*bloco(rep*local)  
corte*trat corte*trat*local / test;  
run;quit;
```

```
proc mixed data=disscom covtest method=REML;  
title 'Conjunta dos locais';  
class local rep bloco trat corte;  
model altura = local rep(local) corte corte*local;  
random rep(local) bloco(rep*local) trat trat*local trat*bloco(rep*local)  
corte*bloco(rep*local)  
corte*trat corte*trat*local / solution;  
run;quit;
```