

**VALOR GENÉTICO DE LINHAGENS DE MILHO NA
PRODUÇÃO E DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM**

MAXIMILIAN DE SOUZA GOMES

2003

MAXIMILIAN DE SOUZA GOMES

**VALOR GENÉTICO DE LINHAGENS DE MILHO NA PRODUÇÃO E
DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM**

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 “Doutor”.

Orientador

Prof. Renzo Garcia Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

2003

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

Gomes, Maximilian de Souza

Valor genético de linhagens de milho na produção e digestibilidade da
silagem / Maximilian de Souza Gomes. -- Lavras : UFLA, 2003.

135 p. : il.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Forragem. 3. Qualidade. 4. Dialelo. 5. Controle genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD -633.1523

MAXIMILIAN DE SOUZA GOMES

**VALOR GENÉTICO DE LINHAGENS DE MILHO NA PRODUÇÃO E
DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM**

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 “Doutor”.

APROVADA em 20 de maio de 2003.

Prof. Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA

Prof. José Branco de Miranda Filho

ESALQ/USP

Pesquisador Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães

EMBRAPA

Prof. Marcos Neves Pereira

UFLA

Prof. Renzo Garcia Von Pinho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, Waldenor e Gildéia.

Às minhas irmãs, Maria Emília e Ana Cristina.

Aos meus irmãos, Guilherme e Renato.

À minha avó, Emília.

A minha esposa Renata e ao meu filho Bernardo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela constante presença e amparo em toda a minha vida.

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

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro concedido para a realização do curso.

Ao professor Renzo Garcia Von Pinho pela amizade, disponibilidade, confiança, conhecimentos transmitidos e pela orientação profissional durante a minha formação como pesquisador.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho pelo seu exemplo de dedicação e persistência no trabalho, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos e pela co-orientação neste trabalho.

Ao professor Marcos Neves Pereira pela amizade, colaboração e disponibilidade em participar da banca de defesa.

Aos professores João Bosco dos Santos, César A. B. P. Pinto, Elaine A. de Souza, Lisete C. Davide, Daniel F. Ferreira, e em especial ao professor João Cândido de Souza pela amizade e ensinamentos.

Aos doutores José Branco de Miranda Filho e Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães pela disponibilidade em participar da banca de defesa e pelas contribuições apresentadas.

Aos colegas e amigos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas pelo convívio e amizade. Em especial aos amigos Fausto, Francislei, Marcos (Cabeça), Odair, Janaína, Eduardo, Jair, Maíra, Flávia, Lourenço e Marcelo pela amizade e incentivo.

Aos colegas e amigos do Departamento de Agricultura, Sérgio, Ramon, André Brugnera, Paula, Denys, Tiago, André Brito, Fabrício, Givanildo, Vítor, Cláudio e Iran, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários dos Departamentos de Biologia e Agricultura pela amizade, ajuda e apoio constante.

Aos meus pais, avó, irmãos, cunhados e sobrinhos e ao Sr. Ivanor e a Dulce pelo apoio e incentivo.

À minha esposa Renata e a meu filho Bernardo que sempre me acolheram e me apoiaram com muito carinho e dedicação, meu sincero reconhecimento e agradecimento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Manejo da cultura do milho visando a produção de silagem.....	4
2.2 Escolha da cultivar para silagem.....	9
2.3 Métodos utilizados para a avaliação da qualidade da silagem.....	13
2.4 Melhoramento do milho para produção de silagem.....	15
2.5 Controle genético da digestibilidade da silagem de milho.....	21
2.6 Cruzamentos dialélicos.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO 2 - VARIABILIDADE GENÉTICA EM LINHAGENS DE MILHO PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS COM A PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	33
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
1 INTRODUÇÃO.....	36
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.1 Materiais utilizados, instalação e condução dos experimentos.....	37
2.2 Colheita e determinação da produtividade de matéria seca.....	38
2.3 Confeção da silagem, determinação da FDN e da degradabilidade <i>in situ</i>	39
2.4 Procedimentos estatísticos.....	41
2.4.1 Produtividade de matéria seca.....	41
2.4.2 Porcentagem de fibra em detergente neutro.....	43
2.4.3 Degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca.....	45
2.5 Estimativas de parâmetros genéticos.....	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DIALÉLICA PARA A DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DA MATÉRIA SECA DA SILAGEM DE MILHO.....	69
RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	71
1 INTRODUÇÃO.....	72
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	73
2.1 Obtenção dos híbridos.....	74
2.2 Instalação e condução dos experimentos de campo.....	74
2.3 Confeção da silagem e determinação da degradabilidade <i>in situ</i>	75
2.4 Análise estatística.....	76

2.5 Análises dialélicas.....	77
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4 CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
CAPÍTULO 4 - ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO ENVOLVENDO VÁRIOS CARACTERES, VISANDO A PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	93
RESUMO.....	94
ABSTRACT.....	95
1 INTRODUÇÃO	96
2 MATERIAL E MÉTODOS	97
2.1 Obtenção dos híbridos.....	97
2.2 Instalação e condução dos experimentos de campo	98
2.3 Confeção da silagem	99
2.4 Características Avaliadas	99
2.5 Análises Estatísticas.....	100
2.6 Análises dialélicas.....	102
2.7 Índice de seleção não paramétrico	104
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	105
4 CONCLUSÕES.....	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
LISTA DE TABELAS DO ANEXO	123
ANEXOS.....	126

RESUMO

GOMES, Maximilian de Souza **Valor genético de linhagens de milho na produção e digestibilidade da silagem**. 2003. 135 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

O presente trabalho foi realizado visando obter informações referentes ao melhoramento do milho para a produção de silagem e propor alternativas que possam auxiliar os melhoristas na tomada de decisão para a obtenção de híbridos de milho adaptados a esta finalidade. Para isso foram conduzidos três trabalhos distintos. O primeiro objetivou avaliar a variabilidade genética entre as linhagens de um determinado banco de germoplasma, sendo realizado no ano agrícola de 1999/2000. Ficou evidenciada a existência de variabilidade genética para os caracteres relacionados à produtividade e qualidade da silagem. Os caracteres degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) foram pouco influenciados pela interação épocas de semeadura x linhagens. A herdabilidade estimada na média das duas épocas de semeadura foi variável entre as características, contudo, para a DISMS ela foi superior a 80%, evidenciando a possibilidade de êxito no processo de seleção. A alta correlação entre os dois tempos de incubação, utilizados para avaliar a DISMS, indica a possibilidade de se avaliar a DISMS no tempo de 24 horas, o que permitirá, em trabalhos futuros, maior eficiência e rapidez nas avaliações. O segundo trabalho foi conduzido no ano agrícola 2001/02, quando foi avaliado um dialelo parcial para a característica degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho. Este trabalho visou obter informações sobre o controle genético desta característica e fornecer alternativas de melhoramento para a cultura do milho com esta finalidade. Foi verificado que o atraso na época de semeadura reduziu a degradabilidade da silagem de milho. A heterose manifestada foi de baixa magnitude, contribuindo, em média com menos de 7% para o desempenho dos cruzamentos avaliados. Foi verificada a predominância de efeitos aditivos para a herança da característica em questão. Ficou evidenciado que a melhor estratégia de melhoramento com o objetivo de produzir cultivares de milho para a produção de silagem é por meio do cruzamento de genitores que possuam alta DISMS de suas silagens e com boa capacidade combinatória para os caracteres em que a heterose apresenta maior importância. No terceiro trabalho, também realizado no ano agrícola 2001/02, o objetivo foi estimar a heterose e os efeitos dos genitores por meio da

* Comitê de Orientação: Prof. Doutor Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Orientador) e Prof. Doutor Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Co-orientador).

análise dialélica multivariada (ADM), bem como utilizar metodologias que auxiliam na discriminação dos híbridos superiores com base na seleção em vários caracteres. Foi observado que a ADM propiciou resultados semelhantes aos das análises dialélicas univariadas. Foi constatado também, pela ADM, a importância da heterose, bem como dos efeitos dos genitores ao se avaliarem vários caracteres simultaneamente para a produção de silagem de milho. O híbrido GNS 041 x GNS 079 associou boas estimativas de capacidade específica de combinação para todas as características avaliadas, bem como o melhor desempenho pelo método gráfico de seleção de cultivares, sendo um híbrido promissor para a produção de silagem. O método gráfico para a escolha de cultivares considerando vários caracteres simultaneamente é uma boa opção para complementar a análise dialélica multivariada.

ABSTRACT

GOMES, Maximilian de Souza **Genetic value of maize inbred lines for silage production and digestibility**. 2003. 135 p. Thesis (Doctor in Genetics and Plant Breeding) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The present work was accomplished aiming to obtain information concerning maize breeding for silage production and to propose alternatives which can help breeders in decision making for obtaining maize hybrids adapted to this purpose. Three distinct studies were conducted. The first aimed to evaluate the genetic variability among lines of a given germplasm bank, and was conducted in the agricultural year of 1999/2000. The existence of genetic variability for the characters related with yield and quality of the silage was observed. The characters *in situ* dry matter degradability (ISDMD) and percentage of neutral detergent fiber (NDF) were little influenced by the sowing times x lines interaction. The estimated heritability on the mean of the two sowing seasons was variable among the characters, however, for ISDMD it was superior to 80%, indicating the possibility of success in the selection process. The high correlation between the two incubation times utilized to evaluate ISDMD point out the possibility of evaluating ISDMD in the 24 hours' time which will allow, in future works, to increase efficiency and fastness of the evaluations. The second work was conducted in the agricultural year 2001/2002, when a partial diallel for *in situ* dry matter degradability of the maize silage was evaluated. This work aimed to obtain information on the genetic control of this trait and to furnish alternatives for the improvement of the maize crop with this purpose. It was found that the delay in sowing time reduced the maize silage degradability. The heterosis was of low magnitude, contributing on average with less than 7% to the performance of the crosses evaluated. It was verified the predominance of additive effects for the inheritance of this characteristic. The best breeding strategy for producing maize cultivars for silage making is by means of the cross of parents which possess a high ISDMD and good combining ability for the traits where heterosis presents greater importance. In the third work, also accomplished in the agricultural year 2001/2002, the objective was to estimate heterosis and the effects of parents by means of the multivariate diallel analysis as well as to utilize methodologies which help in distinguishing superior hybrids on the basis of selection for several traits. It was found that the multivariate diallel analysis provided similar results to those of the univariate diallel analyses. It was also observed, by the multivariate diallel analysis, the

* Guidance Committee: Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Major Professor) and Magno Antonio Patto Ramalho.

importance of heterosis, as well as the effects of their parents in evaluating several traits simultaneously for maize silage production. The hybrid GNS 041 x GNS 079 associated good estimates of specific combining ability for all traits evaluated as well as the best performance by the graphic method of cultivar selection. It is a promising hybrid for silage making. The graphic method for choosing cultivars considering a number of traits simultaneously is a good option to complement multivariate diallel analysis.

1 INTRODUÇÃO GERAL

As plantas utilizadas como forrageiras tem seu desenvolvimento variável conforme a época do ano, assim, o que se observa, são épocas em que há falta dessas forrageiras e, por outro lado, épocas em que há sobra das mesmas. Uma variação que também ocorre é em relação a qualidade das forragens. Então, para que se consiga constância na quantidade e na qualidade dos alimentos destinados aos animais, há a necessidade do armazenamento de forragem.

A necessidade do armazenamento de forragem foi observada primeiramente nos países de clima frio, com períodos de inverno rigoroso, onde a produção de silagem e de feno foi e ainda continua sendo indispensável para a sobrevivência dos animais. Nos países tropicais, principalmente em regiões em que há escassez de alimentos na estação seca, com a tecnificação e intensificação da pecuária de leite e de corte, a utilização de forragem de qualidade durante o ano todo passou a ser um importante componente desses sistemas produtivos. Um exemplo dessa situação é a região Sul de Minas Gerais, uma das maiores bacias leiteiras do país. Nessa região, como o inverno é seco, há a necessidade de se complementar o arraçoamento dos animais. Por essa razão, grande parte do milho cultivado é destinado à produção de silagem.

Apesar de a silagem de milho ser utilizada como forragem há vários anos, verifica-se ainda a utilização de conceitos equivocados na escolha de cultivares, em que a qualidade do produto final não é priorizada. Historicamente, o primeiro objetivo do melhoramento do milho para a silagem foi a produção de biomassa. Posteriormente, quando a qualidade da silagem passou a ser uma característica de interesse, a seleção foi realizada priorizando a maior porcentagem de grãos na matéria seca. Segundo Silva (1997), isto ocorreu devido ao grande número de trabalhos desenvolvidos até a década de setenta, que demonstraram que os grãos de milho são mais digestíveis do que as folhas e

a haste da planta. Sendo assim, aumentando a sua proporção na silagem, aumentaria a qualidade da forragem.

No entanto, tem sido mostrado que não há associação entre a porcentagem de grãos e a digestibilidade da porção vegetativa da silagem de milho (Coors, 1996; Oliveira et al., 1997). Isto não indica que a porcentagem de grãos não seja importante, porém a digestibilidade da silagem deve ser avaliada quando se pretende determinar a qualidade da silagem de uma cultivar de milho. Nesse contexto, diversos trabalhos demonstraram a relação entre a digestibilidade da silagem e o desempenho animal (Hunt et al., 1992b; Mahanna, 1994), muitos indicando que cultivares de milho mais digestíveis resultam em uma melhora na eficiência da alimentação e, conseqüentemente, num melhor desempenho animal.

Entre os cultivares de milho com alto potencial de produção de grãos e recomendados para silagem, existem diferenças consistentes na digestibilidade da planta. Esse fato demonstra que grande parte dos trabalhos de seleção de cultivares para silagem foram conduzidos de forma incompleta no passado, quando se associava qualidade da silagem a sinônimo de quantidade de grãos na massa. Assim, existe um grande potencial para aumentar a digestibilidade da silagem de milho e, conseqüentemente, a sua qualidade.

A condução de qualquer programa de melhoramento é facilitada se houver informações sobre a variabilidade genética e o controle genético do caráter em questão, isso porque possibilita que os melhoristas possam escolher a estratégia mais adequada de condução do seu trabalho. Contudo, no que se refere a informações sobre o controle genético da digestibilidade da silagem de milho, as informações são ainda incipientes.

Considerando a importância da digestibilidade da silagem na obtenção de uma silagem de milho de qualidade, desenvolveu-se esse trabalho com os objetivos de (a) avaliar a variabilidade genética existente entre linhagens

provenientes de um determinado banco de germoplasma, para caracteres relacionados à produção de silagem; (b) estudar o controle genético para a degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho e (c) propor alternativas que possam auxiliar os melhoristas na tomada de decisão visando a obtenção de híbridos de milho mais adaptados à produção de silagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manejo da cultura do milho visando a produção de silagem

Define-se silagem como o produto resultante da fermentação da planta forrageira na ausência de oxigênio e armazenado em estruturas de armazenagens denominadas silos. A fermentação se constitui na conversão de carboidratos em ácidos orgânicos, por meio de microorganismos presentes na própria planta, que se multiplicam e desenvolvem intensa atividade fermentativa ao encontrarem condições adequadas de meio. Quando o pH ou os níveis de ácidos são suficientes para inibir a fermentação, a forragem torna-se estável e, como silagem, é preservada enquanto permanecer a condição de ausência de oxigênio no silo (Vilela, 1995).

A área semeada com milho no Brasil, visando a produção de silagem, é de aproximadamente 10% (dados estimados) da área total, ou seja, cerca de 1,2 a 1,3 milhões de hectares (Silva, 2002). O uso da silagem é bastante difundido no país, visto ser a forma mais adequada para a conservação de alimentos produzidos na estação favorável de desenvolvimento das principais espécies vegetais empregadas na alimentação animal. Se for devidamente preparada, a silagem pode apresentar valor alimentício equivalente ao que existia no material verde original e o seu emprego, além de resultar em melhor desempenho dos animais, reduz o gasto com concentrados.

Durante o período de chuvas, em várias regiões do Brasil, as plantas forrageiras apresentam uma produção de aproximadamente 80% do total de matéria seca produzida no ano (Valente, 1991). Na estação de seca ocorre uma drástica redução na disponibilidade e também na qualidade da matéria seca produzida. Então, para que se consiga constância na quantidade e na qualidade dos alimentos destinados aos animais, há a necessidade do armazenamento de forragem. Essa necessidade foi observada primeiramente nos países de clima

frio, com períodos de inverno rigoroso, onde a produção de silagem foi e ainda continua sendo indispensável para a sobrevivência dos animais. No Brasil, a silagem é utilizada tanto para fazer a suplementação das pastagens na estação seca como para ser principal volumoso, disponibilizado durante todo o ano para animais criados em sistemas intensivos (Correa, 2001).

Com relação aos sistemas intensivos de produção de leite e de carne, estes são baseados na maximização da expressão do potencial genético dos bovinos. Conseqüentemente, para aproveitar todo o potencial genético dos animais, existe a necessidade de utilizar alimentos que possuam alta qualidade (Nogueira, 1995).

Dentre as opções de plantas forrageiras que se prestam à produção de silagem, o milho se destaca, pois apresenta vários atributos que justificam sua ampla utilização para esse fim. Dentre esses atributos, apresenta período de semeadura relativamente longo, possibilidade de colheita para grão ou silagem, alta produção de matéria seca por hectare em baixa frequência de cortes, possibilidade de colheita sem perda significativa de folhas, bom padrão de fermentação no silo devido ao teor de matéria seca em torno de 30-35%, alta concentração de carboidratos não fibrosos e baixo poder tamponante, alto conteúdo energético devido ao alto teor de amido e facilidade de mecanização na ensilagem (Nussio, 1991; Peck, 1998).

Embora a cultura do milho ainda seja fonte importante de forragem, a busca de maior eficiência e economia na alimentação animal tem contribuído para maior atenção aos aspectos qualitativos da forragem utilizada (Fancelli & Dourado Neto, 2000). De acordo com Nussio (1990), estima-se que nos últimos 35 anos, 20% do aumento da produção de leite nos Estados Unidos foi obtido pelo uso de forragem de melhor qualidade.

A produtividade e a qualidade do milho destinado à produção de silagem não se devem exclusivamente à cultivar utilizada. Fatores ambientais, bem como

algumas práticas de manejo, também podem influenciar no resultado final. Dentre algumas práticas realizadas pode-se destacar: (i) época de semadura; (ii) ponto adequado de colheita; (iii) tamanho das partículas; (iv) compactação e vedação do silo; (v) forma, velocidade e eficiência de enchimento do silo; (vi) altura de corte das plantas e (vii) uso de aditivos (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Por sua vez, a qualidade da fermentação depende de: (i) ponto de colheita; (ii) quantidade de açúcares fermentáveis; (iii) poder tampão da massa; (iv) população de microorganismos lácticos; (v) tamanho das partículas; (vi) taxa de vedação (para a manutenção da anaerobiose); (vii) velocidade de enchimento do silo; (viii) taxa de compactação; (ix) uso de aditivos; (x) tipo de silo e (xi) eficiência de drenagem de efluentes (Fancelli e Dourado Neto, 2000). Ainda, segundo os mesmos autores, vale destacar que a fermentação eficiente assegura melhor palatabilidade e digestibilidade do alimento conservado, obtendo-se, assim, a máxima ingestão de matéria seca pelos animais.

Dentre os cuidados citados, para se obter produtividade e qualidade da silagem produzida, a época de semeadura e o ponto de colheita são importantes. Conceitualmente, as épocas ideais de semeadura referem-se ao período em que a cultura tem maior probabilidade de encontrar as condições climatológicas favoráveis para maximizar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade (Shaw, 1977). A época recomendada para a semeadura do milho em Minas Gerais, por exemplo, corresponde aos meses de outubro a novembro. Nesse período, as precipitações são mais frequentes e as temperaturas diurnas e noturnas são mais elevadas (Ramalho, 1999). Nesse mesmo estado, os agricultores têm realizado a semeadura de outubro até dezembro, podendo, em alguns casos, estender-se até janeiro. Nas semeaduras tardias, o principal problema é a precipitação, pois nas culturas de milho cultivadas a partir de dezembro, o florescimento, e principalmente o enchimento de grãos, ocorrerão

nos meses de março, abril e maio, quando as precipitações tornam-se escassas. Avelar et al. (1996), Gonçalves et al. (1996) e Ramalho (1999) mostraram que o efeito do atraso na semeadura na produção de matéria seca de forragem é similar ao da produção de grãos, pois foi detectada alta correlação entre a expressividade dessas duas características.

Em trabalho conduzido no estado do Paraná, Keplin & Santos (1996) verificaram que houve redução na produção de matéria seca e de grãos em decorrência de uma semeadura mais tardia. Verificaram também aumento na quantidade de plantas acamadas, redução na porcentagem de espigas e um aumento na proporção de colmo na matéria seca total (Tabela 1).

Tabela 1. Influência da época de semeadura na produção de matéria verde e seca, acamamento, altura da planta e da espiga e composição relativa da planta.

Características	1 ^a época	2 ^a época	3 ^a época	4 ^a época	5 ^a época
	(20/09)	(05/10)	(20/10)	(05/11)	(20/11)
Massa verde (t/ha)	34,92	48,36	50,34	59,97	59,47
Massa seca (t/ha)	15,08	17,36	16,16	14,81	12,78
Alt. planta (cm)	172,00	232,00	253,00	287,00	297,00
Alt. espiga (cm)	113,00	123,00	132,00	157,00	162,00
Acamamento (%)	1,50	4,50	1,70	11,80	33,30
Prod. grãos (t/ha)	7,45	9,77	9,21	7,23	7,27
Colmo (%)	25,00	22,00	24,30	32,50	34,60
Folha (%)	20,40	15,80	16,50	21,50	24,70
Espiga (%)	54,60	62,20	59,20	46,00	40,10

Em relação à época de colheita, o ponto ideal de corte das plantas de milho para silagem está relacionado com o momento em que a planta apresenta alto rendimento de matéria seca, alto teor de amido e baixo teor de fibra. A porcentagem de matéria seca deve estar entre 30 e 40%, que deverá ocorrer no ponto em que os grãos apresentarem a linha de leite na região mediana. Nesta fase, ocorre um decréscimo na produção de matéria verde com aumento significativo na produção de matéria seca, a qualidade da fermentação é maximizada e o consumo voluntário aumenta significativamente. A planta apresenta nível adequado de açúcares (glicose, frutose e sacarose), principal fator para a boa atuação das bactérias produtoras de ácido lático (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

A posição da linha de leite no grão tem sido recomendada como um indicador do ponto de colheita do milho para silagem. Estudos realizados por Sulc et al. (1996), para determinar a variação no teor de matéria seca da planta em diferentes estádios de linha de leite no grão de milho, concluíram que essas duas características foram positivamente correlacionadas. Segundo os mesmos autores, a linha de leite do grão foi um bom indicador da época ideal de colheita do milho para silagem.

A colheita, quando efetuada com teores de matéria seca acima de 37%, não é recomendável, pois as folhas encontram-se mais secas, acarretando maiores perdas durante o corte, além do fato de dificultar a compactação e a eliminação do ar da massa do silo (Nússio, 1990). Por outro lado, quando o corte é efetuado com teores de matéria seca abaixo de 33%, a planta apresenta ainda muita umidade para ser ensilada. Como conseqüências, pode-se destacar: baixo nível energético, fermentação indesejável nos silos e grandes perdas de nutrientes nos efluentes. Ocorre também intensa formação de ácido butírico, que é um composto que altera negativamente a palatabilidade da silagem (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Villela (2001) estudou a influência da época de semeadura (novembro e dezembro) e de corte (meia linha de leite e grãos na maturidade fisiológica) sobre características agronômicas e a qualidade da silagem de milho. O autor verificou que o atraso tanto na época de semeadura como na época de corte das plantas resultou em uma menor produtividade e qualidade da silagem, ou seja, a semeadura realizada em novembro para a região Sul de Minas Gerais e o corte realizado quando a linha de leite apresentava-se na metade dos grãos foram os ideais para a obtenção de silagem de boa qualidade.

Também com o intuito de obter silagem de melhor qualidade, uma prática que vem sendo estudada e já utilizada por alguns agricultores é o aumento da altura de corte das plantas a serem ensiladas. A razão para tal prática é aumentar a participação de grãos na matéria seca total, aumentando, conseqüentemente, o conteúdo energético da silagem. Flachowsky et al. (1992) avaliaram a fibra e a degradabilidade *in situ* em duas variedades de milho em várias alturas de corte das plantas e concluíram que o corte mais alto da planta de milho pode aumentar a degradabilidade da silagem.

2.2 Escolha da cultivar para silagem

Uma dúvida natural do produtor na produção de silagem de milho é sobre a escolha da cultivar mais adequada. A escolha de cultivares de milho para a produção de silagem é geralmente feita com base em características agronômicas, como boa arquitetura foliar, manutenção das folhas e colmos verdes no final do ciclo (“stay green”), alta produtividade de grãos, alta produção de matéria seca por hectare, alta relação grãos/massa seca, resistência a pragas e doenças, adaptação às condições edafoclimáticas, resistência ao acamamento e quebramento do colmo e ciclo vegetativo compatível com o manejo de corte da planta para ensilar (Peck, 1998).

Por se tratar de um alimento utilizado como forragem, dentre as características citadas anteriormente, para alguns produtores ainda prevalece a opinião de que as melhores cultivares de milho para silagem são aquelas que apresentam maior produtividade de matéria seca. Vilela (1983) avaliou cultivares brasileiras quanto à produtividade média de matéria seca e apresentou resultados variando de 9,7 a 14 t.ha⁻¹, com uma produtividade média de 11,5 t.ha⁻¹. Tais rendimentos podem ser considerados bons; no entanto, relatos mais recentes indicam a existência de cultivares com elevado potencial produtivo, alcançando produtividades de matéria seca próximos a 26 t.ha⁻¹ (Nussio, 1997).

Alguns autores afirmam que a utilização de cultivares de porte baixo pode ser mais conveniente para a produção de forragem porque, além de oferecer maior resistência ao acamamento, o que facilita o corte mecânico, pode ainda suportar um maior número de plantas por unidade de área, podendo levar a uma maior produção de matéria seca por hectare (Alessi & Power, 1974).

Por outro lado, alguns trabalhos demonstram que há diferenças significativas quanto à produção de matéria seca e na participação das espigas na matéria seca total entre cultivares de milho. Maior produção de matéria seca foi encontrada para cultivares de maior porte (Gomide et al., 1987; Silva et al., 1999).

A escolha da cultivar deve ter como princípio básico a obtenção de uma produção de matéria seca de boa qualidade, podendo esta ser dependente da participação da espiga e dos grãos na matéria seca total da planta e da produtividade de grãos (Nussio, 1997).

A maioria das cultivares de milho utilizadas para a produção de silagem no Brasil são materiais adaptados, principalmente devido a sua alta produtividade de grãos. O principal argumento é de que as cultivares de milho com maior produção de grãos são as que contribuem para a melhor qualidade da silagem. Segundo Silva (1997), isto ocorre devido ao grande número de

trabalhos desenvolvidos até a década de setenta, que demonstraram que os grãos de milho são mais digestíveis do que as folhas e a haste da planta; sendo assim, aumentando a sua proporção na silagem, aumentaria a qualidade da forragem.

Assim, na seleção para produção de forragem deu-se preferência para cultivares que possuíam mais de 40 % de grãos no material ensilado (Nussio, 1990). No entanto, Coors et al. (1994) e Oliveira et al. (1997) mostraram não haver correlação entre a porcentagem de grãos e a digestibilidade da porção vegetativa (haste + folhas) da silagem de milho. Oliveira et al. (1997), após esta constatação, comentam que os trabalhos visando o melhoramento genético da planta de milho especificamente para produção de silagem devem perseguir a melhoria da digestibilidade da planta não só através da manipulação do percentual das diferentes partes da planta, mas também por meio das características qualitativas de cada uma dessas frações.

Quanto à composição das frações da planta de milho, alguns trabalhos foram desenvolvidos no sentido de identificar a variação existentes entre essas frações e a possível influência destas na qualidade da planta de milho (Almeida Filho, 1996; Mahanna, 1996; Oliveira et al., 1997; Nussio & Manzano, 1999; Ballard et al., 2001; Thomas et al., 2001; Caetano, 2001). Nesses trabalhos, as porcentagens de grãos, espigas, colmo, folhas e sabugo variaram de 26 a 51%, 45 a 58%, 24 a 36%, 11 a 14% e 7 a 11%, respectivamente. Existe grande variação entre os cultivares de milho quanto às frações da planta, como também pode ocorrer variações dentro de uma mesma cultivar devido a fatores como clima, fertilidade, adubação, momento do corte para ensilagem, ou seja, devido ao efeito do ambiente.

Ainda em relação aos trabalhos acima citados, constatou-se também que a fração grãos representa grande parte da planta de milho, fato que motivou a indicação de materiais mais produtivos como mais promissores para a produção de silagem, devido à maior digestibilidade dos grãos. Porém, na fração planta

menos grãos, observou-se que ela chegou a representar 74%, evidenciando a importância de se trabalhar também essa fração.

Programas de seleção de cultivares de milho para produção de grãos têm tido efeito positivo indireto sobre a produtividade da planta inteira e sobre a proporção de grãos na planta inteira. Para cultivares de milho cultivadas nos Estados Unidos, a produção de massa verde e a produção de grãos aumentaram a uma taxa similar nas últimas décadas (Coors et al., 1994). Aparentemente ocorreu um leve aumento na relação grão/parte vegetativa nos modernos cultivares de milho. Russell (1985) observou que a proporção de espiga na planta inteira foi 44,6% em quatro variedades da década de 1930 e 50,2% em quatro híbridos da década de 1980. Tollenaar (1989) também observou a mesma tendência para híbridos canadenses utilizados entre 1959 e 1988, semelhante à tendência observada para híbridos europeus cultivados entre 1950 e 1980 (Barrière et al., 1987).

Assim, a escolha de cultivares de milho para a produção de silagem com base somente na produção total de matéria seca e ou de grãos não é um procedimento correto. Dever-se-ia avaliar a qualidade nutricional da forragem, a qual pode ser realizada por meio de características químicas e da digestibilidade dos materiais. Entretanto, o reduzido número de informações sobre os resultados de avaliação da qualidade nutricional da forragem das cultivares disponíveis no mercado, aliado à pequena importância dada à maioria dos programas de melhoramento visando o desenvolvimento de cultivares específicas para a produção de silagem, limitam a escolha das cultivares com base em sua qualidade nutricional.

2.3 Métodos utilizados para a avaliação da qualidade da silagem

Uma avaliação prática da qualidade da silagem pode ser obtida por uma inspeção cuidadosa do cheiro, cor e textura da silagem (Vilela, 1995). No entanto, a única forma de conhecer a qualidade da silagem de maneira precisa é por determinação da digestibilidade. A qualidade da silagem de uma cultivar pode ser estimada também pela composição bromatológica e potencial energético (nutrientes digestíveis totais – NDT).

Os principais parâmetros empregados para a avaliação da composição químico-bromatológica são a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), a porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, extrato etéreo, proteína e carboidratos não fibrosos (CNF) por diferença (Nússio, 1990; Coors et al., 1994). Dentre estas características, a porcentagem de fibra em detergente neutro e a porcentagem de fibra em detergente ácido, por se referirem à fibra, servem também de indicativo da digestibilidade dos materiais.

A porcentagem de FDN é uma estimativa da porcentagem de parede celular e é determinada pela digestão da forragem em solução de detergente neutro que solubiliza o conteúdo celular. A fração FDN contém majoritariamente celulose, hemicelulose e lignina. A porcentagem de FDA é uma estimativa de fibra pouco digestível, sendo determinada pela digestão da forragem em detergente ácido que solubiliza o conteúdo celular e a hemicelulose. Assim, a fração FDA contém majoritariamente celulose e lignina (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

A digestibilidade é a fração do alimento degradada no trato digestivo. A fração indigestível é excretada principalmente sob a forma de fezes. Pode-se determinar a digestibilidade da dieta total (digestibilidade da matéria seca) e de frações da dieta ou nutrientes isolados (digestibilidade da matéria orgânica, FDA, FDN, proteína, minerais, aminoácidos, etc), havendo alguns métodos para

sua avaliação, tais como: digestibilidade *in vivo*, digestibilidade *in vitro* e digestibilidade *in situ* (Mahanna, 1994).

A digestibilidade *in vivo* é determinada diretamente com animais, para os quais se fornece uma dieta conhecida e se pesam ou estimam os dejetos, calculando-se a porcentagem digerida por diferença entre o ingerido e o excretado pelo animal. Já a digestibilidade *in vitro* é realizada em laboratório e simula a digestibilidade *in vivo*, avaliando a digestibilidade aparente da forragem. Tem alta correlação com a digestibilidade *in vivo* (Mahanna, 1994). No entanto, são análises caras e demoradas, tornando difícil a sua utilização quando se tem um grande número de amostras (Oliveira et al., 1999).

A digestibilidade *in situ* estima a digestibilidade utilizando animais fistulados incubando amostra do alimento, em pequenos sacos de poliéster, diretamente no rúmen do animal. Possui alta correlação com a digestibilidade *in vivo* (Hunt et al., 1992a), sendo comum o uso da nomenclatura de degradabilidade *in situ*. Avalia a degradação potencial e efetiva da forragem. Esse método tem como principal vantagem processar simultaneamente um grande número de amostras (Oliveira et al., 1999). Hunt et al. (1992a) utilizaram 24 horas como o tempo de permanência pelo fato de ser esse o tempo médio que o alimento permanece no rúmen de uma vaca produzindo 20 kg de leite por dia. Como a digestibilidade é uma das mais importantes características de uma forragem de qualidade, a proporção de matéria seca degradável no rúmen é uma informação muito útil e que pode ser utilizada para a escolha de uma cultivar de milho para silagem (Oliveira et al., 1999).

Diversos trabalhos demonstraram a relação entre a digestibilidade da silagem e o desempenho animal (Hunt et al., 1992b; Mahanna, 1994). Todos indicam que híbridos de milho mais digestíveis resultam em uma melhora na eficiência da alimentação e, conseqüentemente, um melhor desempenho dos animais. Mahanna (1994) relatou que pesquisas feitas pela Pioneer dos Estados

Unidos encontraram dois híbridos com produção semelhante de forragem, diferindo 15% quanto à digestibilidade. Quando essas silagens foram oferecidas a bovinos em crescimento, compondo 65% da dieta, o híbrido mais digestível resultou em uma melhora de 11% na eficiência da alimentação e um ganho médio diário 7% maior.

2.4 Melhoramento do milho para produção de silagem

A ênfase na pesquisa para produção de silagem de milho era voltada apenas para a produção de matéria verde (Silva, 2002). Assim, dava-se preferência a cultivares de porte alto e alta densidade de plantio. Com o avanço tecnológico, os pesquisadores passaram a considerar que a maior participação de grãos na silagem era de suma importância, já que o grão é a parte mais digestível da planta, passando a recomendar para silagem as melhores cultivares para a produção de grãos. Atualmente, o conceito de que a maior quantidade de grãos na silagem é que determina a sua qualidade já não expressa a mesma certeza e é ressaltado que é extremamente importante a determinação da qualidade da planta inteira.

O que se observa nas pesquisas com milho para a produção de silagem é que tanto para características agrônomicas como para características nutricionais da forragem existem relatos na literatura de ampla variabilidade genética, o que possibilita antever a possibilidade de obtenção de ganhos com a seleção (Fonseca, 2000; Vilela, 2001). Com relação à porcentagem de fibra em detergente ácido e neutro (FDA e FDN), existe potencial para a seleção de cultivares com baixos valores e para alta digestibilidade destas frações (Allen et al., 1991; Carter et al., 1991; Coors et al., 1994; Coors, 1996).

Uma alternativa para conseguir uma redução expressiva no conteúdo de fibra da silagem de milho é por meio da introdução de alelos mutantes

conhecidos como “brown midrib”, os quais são potencialmente melhoradores da digestibilidade da FDN (Cherney et al., 1991). São conhecidos quatro tipos de “brown midrib” (bm₁, bm₂, bm₃ e bm₄) que reduzem o conteúdo de lignina e alteram sua composição, sendo que, dos “brown midrib” existentes, o bm₃ parece ser o mais eficiente em reduzir o conteúdo de lignina, com redução média de 45% (Barriere et al., 1993). Entretanto, cultivares “brown midrib”, principalmente com bm₃, apresentam baixos valores agronômicos como produtividade de matéria seca, precocidade e, principalmente, acamamento de plantas (Carter et al., 1991; Barrière et al., 1993). Em alguns casos, o ganho conseguido com a redução da fibra da silagem de milho bm₃ não chegou a refletir em ganhos na performance dos animais (Tjardes et al., 2000). Vale ressaltar que há relatos de ampla variação genética para o conteúdo e a composição da lignina em híbridos não mutantes (Jung & Buxtron, 1994).

Em trabalho realizado na França considerando as cultivares mais utilizadas no período entre 1958 e 1994, foram encontradas grandes variações na digestibilidade da matéria orgânica e fibra bruta, que variaram, respectivamente, entre 65 a 73,5% e 45,4 a 60% (Barrière & Argillier, 1998). No entanto, os autores verificaram que nos últimos anos está havendo um decréscimo regular nos valores nutricionais dos híbridos de milho. Este fato pode ser explicado pela introdução, principalmente no final dos anos 80, de materiais resistentes ao acamamento, com baixo valor nutricional.

Em relação aos teores de proteína na forragem de milho, é comum variações entre 6 a 8%, permitindo a seleção de cultivares que produzem forragem mais protéica (Nussio, 1990). Entretanto, a seleção para esta característica não é muito considerada pelos melhoristas, uma vez que a forragem de milho é considerada um alimento energético, sendo que os baixos teores de proteína são normalmente compensados com a utilização de

concentrados e compostos protéicos que, junto com a silagem, fornecem um alimento balanceado, em teores protéicos para os animais.

Em relação ao efeito da qualidade dos grãos na digestibilidade da silagem, existem trabalhos (Barrière et al., 1987, Barrière et al., 1991) evidenciando a existência de variabilidade genética para a qualidade do amido na silagem de milho. O amido de cultivares de milho com grão do tipo flint apresentaram-se menos digestíveis e foram aproximadamente 10% menos degradáveis no rúmen do que o amido de grãos dentados e a velocidade da fração degradável foi 50% menor (Michalet-Doreau & Champion, 1996). Em outro trabalho, foi demonstrado que a degradação *in situ* da matéria seca de grãos de milho variou de 71,7% (endospermas dentados) a 54,8% (endospermas flint) (Verbic et al., 1995). Resultados semelhantes em relação ao tipo de grão também foram reportados por Correa (2001), avaliando a vitreosidade de grãos de cultivares brasileiras e americanas. Isto mostra a possibilidade de obtenção de sucesso para a seleção para a qualidade do amido do grão na silagem.

Um aspecto importante na seleção de materiais para a produção de forragem é o conhecimento da relação existente entre as características agrônômicas e as características para a avaliação do valor nutricional da forragem. Características altamente associadas permitem a seleção baseada na característica de mais fácil avaliação, permitindo um ganho semelhante na outra característica. Neste caso, isto é importante porque na avaliação do valor nutricional da forragem estão envolvidos análises laboratoriais, que além de trabalhosas, elevam o custo do programa. Estudos sobre a correlação entre estas características já foram realizados e são relatados por vários autores (Fonseca, 2000; Vilela, 2001).

A digestibilidade *in vivo* e *in vitro* associaram-se positivamente com o consumo de matéria seca, enquanto para as porcentagens de lignina e fibra em detergente ácido (FDA) a associação foi negativa com a digestibilidade e com o

consumo voluntário de matéria seca (Van Soest et al., 1978, citados por Van Soest, 1982).

Deinum (1988) encontrou baixa correlação entre a participação de grãos na MS e a digestibilidade da matéria seca da planta inteira, bem como baixa relação entre a porcentagem de FDN, FDA e de lignina com a digestibilidade. Entretanto, resultados opostos foram obtidos por Allen et al. (1991), Wolf et al. (1993a), Wolf et al. (1993b) e Ferret et al. (1997), que observaram correlações significativas entre as características agronômicas e químicas com a digestibilidade da MS.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca apresentou-se correlacionada com a participação de grãos na matéria seca (Wolf et al. 1993b). No entanto, tem-se observado correlações negativas entre digestibilidade da parte vegetativa e proporção de espigas na planta (Fairey, 1982) e correlações positivas entre teor de fibra na parte vegetativa e participação de espiga na planta inteira (Coors et al., 1994; Deinum & Bakker, 1986). Assim, a seleção para alta proporção de grãos pode não ser a maneira mais efetiva para se obter alta digestibilidade da planta inteira do milho.

A cultivar ideal de milho para produção de silagem é aquela que associa alta produtividade e qualidade da matéria seca produzida. Allen et al. (1991) e Fonseca (2000) observaram que a associação entre estas características, apesar de ser levemente negativa, não é alta, permitindo antever a possibilidade de seleção de materiais de alta qualidade nutricional sem penalizar parâmetros agronômicos.

Ainda com relação à digestibilidade, como fator complicante existe um conceito de que cultivares que apresentam melhor valor nutricional, ou seja, maior digestibilidade da forragem, possuem maior suscetibilidade para o acamamento e podridão do colmo (Albrecht et al., 1987; Carter et al., 1991). Segundo Vattikonda & Hunter (1983), a maior digestibilidade do colmo está

associada à menor concentração de lignina na parede celular do colmo, o qual reduz as estruturas de sustentação do colmo, tornando-o mais sensível ao quebramento. Deste modo, a composição e a digestibilidade do colmo são fatores críticos que influenciam a qualidade da planta como um todo, devendo se enfatizados pelos programas de seleção (Deinum & Struck, 1986; Deinum, 1988; Dolstra & Medena, 1990).

Conforme pode ser observado, o melhoramento visando o desenvolvimento de cultivares para a produção de forragem é complexo, envolvendo várias características agrônômicas e de qualidade da forragem, de relacionamento muitas vezes negativo ou mesmo desconhecido, as quais devem ser incorporadas conjuntamente, em um determinado material. Daí, pode-se antever que é praticamente impossível associar, em uma única cultivar, todos os fenótipos favoráveis em apenas um único ciclo seletivo. Uma opção é o melhoramento realizado por etapas, por meio de ciclos sucessivos de seleção, seguido da recombinação, denominado de seleção recorrente, cujo objetivo principal é aumentar a frequência dos alelos favoráveis das características consideradas (Paterniani & Miranda Filho, 1987; Hallauer, 1992).

No caso específico do melhoramento de milho para a produção de forragem, a seleção recorrente já foi utilizada com sucesso em algumas oportunidades. Albrecht (1987) verificou que a seleção recorrente para aumentar a resistência ao acamamento foi acompanhada por reduções na parede celular e na concentração de lignina nas células do colmo, proporcionando um aumento na digestibilidade do colmo. Buendgen et al. (1990) mostraram a eficiência da utilização da seleção recorrente utilizando famílias endógamas S₁ para a modificação da composição de fibras. Para isso foram utilizadas duas populações: WFISHI, que apresentava alto teor de fibras, e WFISILO, que possuía baixo teor de fibras. Após vários ciclos de seleção, os autores

mostraram que mesmo em populações com baixos ou altos teores de fibras é possível, via seleção recorrente, modificar esta característica.

Nos programas de melhoramento de milho visando o desenvolvimento de híbridos, é comum fazer seleção para alguns caracteres durante o processo de obtenção de linhagens. Esta seleção reduz o trabalho durante o desenvolvimento de híbridos e possibilita a avaliação de um grande número de genótipos potencialmente superiores. Entretanto, a relação entre a digestibilidade de linhagens de milho e seus híbridos foi muito pouco estudada. Gurrath et al. (1991), em um dialelo parcial utilizando 12 linhagens, encontraram correlações significativas entre o desempenho “per se” das linhagens e a performance média de seus cruzamentos para a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, fibra e conteúdo de lignina. Dolstra et al. (1993), usando o valor médio dos parentais para prever a performance dos híbridos, verificaram que a digestibilidade da parede celular do colmo pode ser avaliada ao nível de linhagem.

Wolf et al. (1993a), após seleção para alto e baixo conteúdo de fibra, avaliaram 24 famílias em um “test cross” com duas linhagens. Os autores verificaram que o desempenho dos híbridos foi relacionado com o desempenho médio das linhagens e das famílias para características da composição do colmo e da planta toda e para digestibilidade da matéria seca e da parede celular.

Argillier et al. (2000) avaliaram 15 linhagens em um dialelo parcial para características relacionadas à digestibilidade da forragem de milho. Os autores verificaram que a eficiência da predição da performance do híbrido pelo valor médio dos parentais, bem como a boa relação entre o desempenho “per se” das linhagens e as estimativas da capacidade geral de combinação para características relacionadas à digestibilidade, principalmente a digestibilidade da fibra, indicam a possibilidade de os melhoristas de milho aumentarem a digestibilidade da forragem desta cultura já no processo de seleção das linhagens.

Na cultura do milho, ganhos em relação à produtividade de grãos já foram bem reportados em alguns trabalhos. No Brasil, utilizando dados do Ensaio Nacional de Milho ou outros experimentos de avaliação de cultivares, o progresso genético foi quantificado e mostrou que normalmente é superior a 1% ao ano (Fernandes & Frazon, 1997; Arias & Ramalho, 1998).

Porém, ganhos referentes a produção e qualidade da forragem têm recebido pouca atenção. Neste sentido, o trabalho desenvolvido por Lauer et al. (2001), que objetivou descrever as mudanças na produtividade e qualidade de cultivares de milho representativas de diferentes épocas nos EUA, merece ser destacado. Foram avaliadas 36 cultivares utilizadas no “Corn Belt” no período de 1931 a 1990, estratificadas de acordo com o seu período de utilização. Os autores verificaram ganhos a partir de 1930 na produtividade de matéria seca da planta toda e da fração colmo. A proteína da forragem não variou significativamente neste período e para a porcentagem de FDN houve um decréscimo. Os ganhos de produtividade da forragem e das frações colmo e espiga foram de 1,4%, 0,7% e 2,4% por ano, respectivamente. Os autores concluem que essa tendência de ganho continuará, porém, maiores progressos podem ser obtidos se o melhoramento do milho para forragem se concentrar sobre mudanças na produtividade de forragem e na qualidade do colmo.

2.5 Controle genético da digestibilidade da silagem de milho

Com relação ao controle genético das características associadas ao valor nutritivo da forragem de milho, poucos trabalhos foram conduzidos no mundo. Especificamente sobre o controle genético da digestibilidade ruminal da matéria seca, não foi encontrada nenhuma informação disponível na literatura.

No entanto, Beeghly (1990) estimou a herdabilidade para os teores de FDN, FDA e lignina, características estas associadas à digestibilidade da

fornagem, por meio da avaliação de famílias S_1 provenientes de quatro populações. O autor encontrou valores quase sempre superiores a 80%, evidenciando o pequeno efeito ambiental na manifestação destas características. Em outros experimentos, utilizando linhagens, têm sido verificado efeitos significativos para a capacidade geral e específica de combinação para os teores de FDN, FDA e lignina na forragem (Roth et al., 1970; Dhillon et al., 1990). Entretanto, os efeitos da capacidade geral de combinação foram sempre superiores aos efeitos da capacidade específica de combinação e as estimativas de herdabilidade para estas características foram sempre superiores a 80%.

Um indicativo da predominância de efeitos gênicos aditivos no controle genético da digestibilidade da silagem de milho foi observado por Argillier et al. (2000). Os autores avaliaram um dialelo parcial 9 x 6 juntamente com as 15 linhagens parentais em três locais, por dois anos, na França, para as características de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da parede celular e fibra em detergente neutro, entre outras. A capacidade geral de combinação das linhagens foi a mais importante fonte de variação para todas as características.

2.6 Cruzamentos dialélicos

Uma parcela importante do melhoramento de plantas é representada pela hibridação das cultivares, linhagens e populações, possibilitando a recombinação da variabilidade existente para produzir novas cultivares adaptadas às diversas finalidades (Ramalho et al., 1993). Diante do grande número de genitores disponíveis, torna-se necessária a utilização de critérios de escolha daqueles promissores para serem utilizados num programa de hibridação. A identificação de metodologias que auxiliam nessa escolha tem recebido grande atenção dos melhoristas (Souza, 1997; Abreu, 1997).

Entre as metodologias disponíveis, os cruzamentos dialélicos são os mais amplamente utilizados em quase todas as espécies vegetais cultivadas. A vantagem dessa metodologia é que ela contribui para o processo decisório dos programas de melhoramento, analisando o delineamento genético e fornecendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação. Ela também permite a obtenção de informações sobre o controle genético dos caracteres (Veiga, 1998).

Uma das metodologias para análise dialélica é a desenvolvida por Gardner & Eberhart (1966). Esta metodologia caracteriza-se por fornecer informações detalhadas a respeito do potencial “per se” desses genitores e da heterose manifestada em seus híbridos (Cruz & Regazzi, 1997).

Existem também adaptações das metodologias propostas para os dialelos completos para serem utilizadas na análise dos dialelos parciais. Miranda Filho & Geraldi (1984) adaptaram o modelo de Gardner & Eberhart (1966) e Geraldi & Miranda Filho (1988) apresentam as adaptações para os métodos 2 e 4 da metodologia de Griffing (1956).

Apesar de o dialelo ser utilizado para análises univariadas, na obtenção de genitores superiores, normalmente os melhoristas necessitam considerar vários caracteres, simultaneamente, para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos mesmos. Felizmente, na literatura já há disponíveis alguns trabalhos que desenvolveram expressões para realização da análise dialélica multivariada (Sakaguti, 1994; Ledo, 2002), a qual, no entanto, ainda não foi utilizada para a avaliação de genótipos de milho para a produção de silagem. O objetivo dessa análise é facilitar a execução da seleção com base na combinação de variáveis, o que, especificamente no melhoramento do milho para silagem, auxiliará na discriminação de genótipos que associem produtividade e qualidade da silagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais.** 1997. 79 p. (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ALBRECHT, K.; MARTIN, M. J.; RUSSEL, W. A.; WEDIN, W. F.; BUXTON, D. R. Chemical and in vitro dry matter composition of maize stalks after selection for stalk strength and stalk-rot resistance. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 3, p. 487-494, Mai/June 1987.

ALESSI, J.; POWER, J. F. Effects of plant populations, row spacing, and relative maturity of dryland corn in the Northern Plains Corn forage and grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, n. 2, p. 316-319, Mar/Apr. 1974.

ALLEN, M. S.; O'NEIL, K. A.; MAIN, D. G.; BECK, J. Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage. **Journal Dairy Science**, Cambridge, v. 74, p. 221, Aug. 1991. Supplement, 1.

ALMEIDA FILHO, S. L. **Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem.** 1996. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ARGILLIER, O.; MÉCHIN, V.; BARRIÈRE, Y. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p. 1596-1600, Nov./Dec. 2000.

ARIAS, E. R. A.; RAMALHO, M. A. P. Maize genetic progress in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, from 1986/94. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1549-1554, set. 1998.

AVELAR, F. M.; CARVALHO, S. P.; RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P. Interação cultivares de milho x épocas de semeadura para produção de grãos e silagem. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 218, Sept. 1996.

BALLARD, C. S.; THOMAS, E. D.; TSANG, D. S.; MANDEBVU, P.; SNIFFEN, C. J.; ENDRES, M. I.; CARTER, M. P. Effect of corn hybrid on dry matter yield, nutrient composition, "in vitro" digestion, intake by dairy heifers, and milk production for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 2, p. 442-452, Feb. 2001.

- BARRIÈRE, Y.; ARGILLIER, O. In vivo silage feeding value of early maize hybrids registered in France between 1958 and 1994. **Euphytica**, Wageningen, v. 99, n. 3, p. 175-182, 1998.
- BARRIÈRE, Y.; GALLAIS, A.; DERIEUX, M.; PANOUILLE, A. Étude de la valeur agronomique en plante entière au stade de récolte ensilage de différentes variétés de maïs grain sélectionnés entre 1950 et 1980. **Agronomie**, Paris, v. 7, n. 2, p. 73-84, 1987.
- BARRIÈRE, Y.; HÉBERT, Y.; JULIER, B.; YOUNG, E.; FURTOSS, V. Genetic variation for silage and NIRS traits in half-diallel design of 21 inbred lines of maize. **Maydica**, Bérghamo, v. 38, n. 1, p. 7-13, 1993.
- BARRIÈRE, Y.; TRAINÉAU, R.; EMILE, J. C. Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. **Euphytica**, Wageningen, v. 59, n. 1, p. 61-72, Nov. 1991.
- BEEGHLY, H. H. **The effect of cell wall constituents in determining resistance of maize to the European corn borer**. 1990. Thesi (Ph. D) - University of Wisconsin, Madison.
- BUENDGEN, M. R.; COORS, J. G.; GROMBACHER, A. W.; RUSSEL, W. A. European corn borer and cell wall composition in three maize population. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 3, p. 505-510, May/June 1990.
- CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para a produção de silagem**. 2001. 178 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.
- CARTER, P. R.; COORS, J. G.; UNDERSANDER, D. S.; ALBRECHT, K. A.; SHAVER, R. D. Corn hybrids for silage: an update. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 46., 1991, Washington. **Proceedings...** Washington, 1991. p. 141-164.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R.; AKIN, D. E.; AXTELL, J. D. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. **Advances in Agronomy**, New York, v. 46, p. 157-173, 1991.
- COORS, J. G. Findings of the Wisconsin corn silage consortium. In: SEEDS OF ANIMAL NUTRITION SYMPOSIUM, 1996, Johnston. **Proceedings...** Johnston, 1996.

COORS, J. G.; CARTER, P. R.; HUNTER, R. B. Silage corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 305-340.

CORRÊA, C. E. S. **Silagem de milho ou de cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas**. 2001. 102 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DEINUM, B. Genetic and environmental variation in quality of forage maize in Europe. **Netherlands Journal Agricultural Science**, Wageningen, v. 36, n. 4, p. 400-403, 1988.

DEINUM, B.; STRUICK, P. C. Improving the nutritive value of forage maize. In: CONGRESS OF THE MAIZE AND SORGHUM SECTION: breeding of silage maize. 13., 1986, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Eucarpia, 1986. p. 77-90.

DHILLON, B. S.; PAUL, Chr.; ZIMMER, E.; GURRATH, P. A.; KLEIN, D.; POLLMER, W. G. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 4, p. 931-936, July/Aug. 1990.

DOLSTRA, O.; MEDEMA, J. H. An effective screening method of genetic improvement of cell-wall digestibility in forage maize. In: CONGRESS OF THE MAIZE AND SORGHUM SECTION, 15., 1990, Baden near Vienna. **Proceedings...** Baden near Vienna: Eucarpia, 1990. p. 258-270.

DOLSTRA, O.; MEDEMA, J. H.; JONG, A. W. Genetic improvement of cell-wall digestibility in forage maize (*Zea mays* L.). Performance of inbred lines and related hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 65, n. 1, p. 187-194, 1993.

FAIREY, N. A. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 62, n. 2, p. 427-434, June 1982.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

- FERNANDES, J. S. C.; FRANZON, J. F. Third years of genetic progress in maize (*Zea mays* L.) in a tropical environment. **Maydica**, Bergamo, v. 42, n. 1, p. 21-27, 1997.
- FERRET, A.; GASA, J.; PLAIXATS, J.; CASAÑAS, F.; BOSCH, L.; NUEZ, F. Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages given to sheep from morphological and chemical composition, in vitro digestibility or rumen degradation characteristics. **Animal Science**, Neston, v. 64, n. 3, p. 493-501, June 1997.
- FLACHOWSKY, G.; PEYKER, W.; SCHNEIDER, A.; HENKEL, K. In sacco degradation of maize plant fractions depending on cultivars and vegetative stage. **Kongressband**, 1992 Gottingen. Okologisher Aspekte extensiver, Landbewirtschaftung, Alemanha, 1992. p. 785-788.
- FONSECA, A. H. **Características químicas e agrônômicas associadas à degradabilidade da silagem de milho**. 2000. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 3, p. 439-452, Sept. 1966.
- GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 419-430, June 1988.
- GOMIDE, J. A.; ZAGO, C. P.; CRUZ, M. E.; EVANGELISTA, A. R.; GARCIA, R.; OBEIR, J. A. Milho e sorgo em cultivares puras ou consorciadas com soja, para produção de silagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 308-317, jul./ago. 1987.
- GONÇALVES, G. A.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Seleção de famílias de meios irmãos de milho em três épocas de semeadura visando produção de silagem. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 218, Sept. 1996.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourn, v. 9, p. 463-493, 1956

GURRATH, P. A.; DHILLON, W. G.; POLLMER, D.; KLEIN, D.; ZIMMER, E. Utility of inbred line evaluation in hybrid breeding for yield and stover digestibility in forage maize. **Maydica**, Bergamo, v. 36, n. 1, p. 65-68, 1991.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Advances in Agronomy**, New York, p. 115-179, 1992.

HUNT, C. W.; KEZAR, W.; HINMAN, D. D.; COMBS, J. J.; LOESCH, J. A.; MOEN, T. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculation nutritional characteristics of whole plant corn. **Journal Animal Science**, champaign, v. 71, n. 1, p. 38-43, Jan. 1992a.

HUNT, C. W.; KEZAR, W.; VINANDE, R. Yield chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5 n. 2, p. 286, Apr./June 1992b.

JUNG, H. J. G.; BUXTRON, D. R. Forage quality variation among maize inbreds. Relationships of cell-wall composition and in vitro degradability for stem internodes. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 66, n. 3, p. 313-322, Nov. 1994.

KEPLIN, L. A. S.; SANTOS, I. R. **Silagem de milho**. Braskalb Agropecuária Brasileira, 1996. 46 p.

LAUER, J. G.; COORS, J. G.; FLANNERY, P. J. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 1499-1452, Sept./Oct. 2001.

LEDO, C. A. S. **Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos**. 2002. 126 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MAHANNA, B. **Corn silage – managing and feeding the “TMR plant”**. Disponível em: <<http://www.pioneer.com/consult/research/wpcs2.htm>>. Acesso em: 23 nov. 1996.

MAHANNA, W. C. Genetic selection for forage nutritional quality. In: **Quality forage and ruminants**; proceedings. Ontario: Ministry of Agriculture and Food / Guelph & Borckville, 1994.

MICHALET-DOREAU, B.; CHAMPION, M. Influence of maize genotype on rate of ruminal starch degradation. **Annales de Zootechnie**, Versailles, v. 44, n. 2, p. 191, 1996.

MIRANDA FILHO, J. B.; GERALDI, I. O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 677-688, Sept. 1984.

NOGUEIRA, F. A. S. **Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório**. 1995. 96 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

NUSSIO, L. C. **Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para ensilagem através da composição química e digestibilidade “in situ”**. 1997. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

NÚSSIO, L. C. Cultura do milho para silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA J. C. de; FARIA, V. P. de. **Simpósio sobre nutrição de bovinos**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1991. p. 59-168.

NUSSIO, L. G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Milho**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1990. p. 58-88.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P. Silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Alimentação Suplementar**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 27-46.

OLIVEIRA, J. S. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 1, p. 161-163.

OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P. de; CRUZ C. D.; PEREIRA, A. V.; LOPES, F. C. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 2, p. 230-234, 1999.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap. 6, p. 217-274.

PECK, J. R. Sorting through the seed corn catalogs: new characteristics bred into grain and silage varieties make picking hybrids tough. **Hoard's Dairyman**, Fort Atkinson, v. 23, p. 16, 1998.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

ROTH, L. S.; MARTEN, G. C.; COMPTON, W. A.; STUTHMAN, D. D. Genetic variation for quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. **Crop Science**, Madison, v. 10, n. 4, p. 365-367, July/Aug. 1970.

RUSSELL, W. A. Evaluations for plant, ear, and grain traits of maize cultivars representing different years of breeding. **Maydica**, Bergamo, v. 30, n. 1, p. 85-91, 1985.

SAKAGUTI, E. S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamentos dialélicos em coelhos**. 1994. 172 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SHAW, R. H. Climatic requirement. In: SPRAGUE, G. F. **Corn and corn improvment**. Madison: American Society of Agronomy, 1977. p. 591-623.

SILVA, L. F. P. e **Avaliação de características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho para silagem**. 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SILVA, P. C. **Seleção recorrente recíproca e cruzamentos dialélicos em milho (*Zea mays* L.) para a obtenção e avaliação de híbridos forrageiros**. 2002. 92 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

SILVA, P. C.; OSUNA, J. T. A.; ARAÚJO, S. M. C. de; QUEIROZ, S. R. de O. D.; PAIVA, L. M. Seleção recorrente recíproca para a obtenção de híbridos interpopulacionais de milho forrageiro (*Zea mays* L.). In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DEL MAIZ, 18., 1999, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas, 1999. p. 475-484.

SOUZA, E. A. **Alternativas experimentais na avaliação de progênies em programas de melhoramento vegetal.** 1997. 122 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SULC, R. M.; THOMISON, P. R.; WEISS, W. P. Reliability of the kernel milkline method for timing corn silage harvest in Ohio. **Journal of Production Agriculture**, Columbus, v. 9, n. 3, p. 376-381, July/Sept. 1996.

THOMAS, E. D.; MANDEBVU, P.; BALLARD, C. S.; SNIFFEN, C. J.; CARTER, M. P.; BECK, J. Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, “in vitro” digestibility, and milk yield by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2217-2226, Oct. 2001.

TJARDES, K. E.; BUSKIRK, D. D.; ALLEN, M. S.; AMES, N. K.; BOURQUIN, L. D.; RUST, S. R. Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 2957-2965, Nov. 2000.

TOLLENAAR, M. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 6, p. 1365-1371, Nov./Dec. 1989.

VALENTE, J. O. Introdução I: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Milho para silagem:** tecnologias, sistemas e custo de produção. Sete Lagoas, 1991. p. 5-7. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica ; 14).

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** New York: Cornell University Press, 1982. 373 p.

VAN SOEST, P. J.; MERTENS, D. R.; DEINUM, B. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 47, n. 3, p. 712-720, Mar. 1978.

VATTIKONDA, M. R.; HUNTER, R. B. Comparison of grain yield and whole plant silage production of recommended corn hybrids. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 63, n. 3, p. 601-609, Aug. 1983.

VEIGA, R. D. **Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores, avaliada com simulação de dados**. 1998. 95 p. (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VERBIC, J.; STEKAR, J. M. A.; CEPON, M. R. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 54, n. 1/4, p. 133-148, Aug. 1995.

VILELA, D. Silagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 108, p. 17-27, dez. 1983.

VILELA, D. Silagem. **Imagem Rural**, São Paulo, v. 2, n. 18, p. 36-42, maio 1995.

VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem**. 2001. 86 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WOLF, D. P.; COORS, J. G.; ALBRECHT, K. A.; UNDERSANDER, D. J.; CARTER, P. R. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1359 - 1365, Nov./Dec. 1993a.

WOLF, D. P.; COORS, J. G.; ALBRECHT, K. A.; UNDERSANDER, D. J.; CARTER, P. R. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1353 - 1359, Nov./Dec. 1993b.

CAPÍTULO 2

VARIABILIDADE GENÉTICA EM LINHAGENS DE MILHO PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS COM A PRODUÇÃO DE SILAGEM

RESUMO

GOMES, Maximilian de Souza **Variabilidade genética em linhagens de milho para características relacionadas com a produção de silagem.** 2003. 135 p. (Tese – (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Para a recomendação de uma cultivar de milho para produção de silagem, não basta apenas que a cultivar tenha grande produção de matéria seca, é necessário que a silagem também seja de alta qualidade. Entre os fatores que afetam a qualidade da silagem, um dos mais importantes é a digestibilidade. Para a região Sul de Minas Gerais, em programas visando a obtenção de híbridos, a ênfase deve ser direcionada à obtenção de cultivares com maior produção de matéria seca e digestibilidade da silagem. Para que isso possa ser realizado é necessário verificar a existência de variação entre as linhagens de milho com relação a esses caracteres. Para isso, 36 linhagens cedidas pela empresa GeneSeeds - Recursos Genéticos em Milho Ltda foram semeadas em duas épocas de plantio (19/11/1999 e 28/12/1999), no delineamento de látice simples 6 x 6. No estádio farináceo-duro procedeu-se a colheita e as plantas foram pesadas para a determinação da produtividade de matéria verde e, posteriormente, matéria seca. Após a pesagem, as plantas foram trituradas e ensiladas em tubo de PVC por 100 dias. Foram retiradas amostras que foram secas em estufa a 55°C até atingirem peso constante, as quais, posteriormente, foram trituradas para a realização dos testes. Para avaliação da digestibilidade das silagens, foi utilizada a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), sendo utilizadas cinco vacas fistuladas; cada animal recebeu as amostras das parcelas. Foram utilizados dois tempos de incubação das silagens nas vacas (24 e 96 horas). Foi avaliada, também, a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). Ficou evidenciada a presença de variabilidade genética para os caracteres relacionados a produtividade e qualidade da silagem. A DISMS e FDN foram pouco influenciadas pela interação épocas de semeadura x linhagens, ou seja, o comportamento das linhagens para esses dois caracteres foi semelhante nas diferentes épocas de semeadura. A herdabilidade estimada na média das duas épocas de semeadura foi variável entre as características; contudo, para a DISMS ela foi superior a 80%, evidenciando a possibilidade de êxito no processo de seleção. A alta correlação entre os dois tempos de incubação utilizados para avaliar a DISMS indica a possibilidade de se avaliar a DISMS no

* Comitê de Orientação: Prof. Doutor Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Orientador) e Prof. Doutor Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Co-orientador).

tempo de 24 horas, o que permitirá, em trabalhos futuros, maior eficiência e rapidez nas avaliações.

ABSTRACT

GOMES, Maximilian de Souza **Genetic variability in maize inbred lines for silage production**. 2003. 135 p. Thesis (Doctor in Genetics and Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

For silage production it is necessary that a cultivar has not only high dry matter yield but also high quality silage. Among the factors which affect silage quality, one of the most important is digestibility. Breeding programs to obtain maize hybrids for the Southern region of Minas Gerais state, should emphasise the directed development of cultivars with higher dry matter yield and better digestibility of silage. To achieve this objective, it is necessary to verify the existence of variation among maize inbred lines relative to these characters. In this work 36 inbred lines granted by the enterprise GeneSeeds - Recursos Genéticos em Milho Ltda, were sown in two planting seasons (November 19, 1999 and December 28, 1999) in a 6 x 6 simple lattice design. At the hard-mealy stage, the plants were harvested and weighted for determination of fresh matter and dry matter yield. After weighing, the plants were grounded and ensiled in PVC tubes for 100 days. Afterwards, samples were oven-dried at 55C until they reached constant weight and then were grounded for the tests. Digestibility of silages was evaluated by *in situ* dry matter degradability (ISDMD) using five fistulated cows which received samples from all treatments. Two incubation times of the silages in the cows (24 and 96 hours) were used. The percentage of neutral detergent fiber (NDF) was also assessed. It was observed the presence of genetic variability for the characters related with silage yield and quality. The characters ISDMD and NDF were little influenced by the sowing times x lines interaction, that is, the behavior of the lines for these two characters was similar at the different sowing times. The estimated heritability on the mean of the two sowing times was variable among the features, however, for ISDMD it was higher than 80%, indicating the possibility of success in selection process. The high correlation between the two incubation times utilized to evaluate ISDMD point to the possibility of evaluating ISDMD in 24hours' time, which will enable, in future works, greater efficiency and fastness in the evaluations.

* Guidance Committee: Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Major Professor) and Magno Antonio Patto Ramalho.

1 INTRODUÇÃO

Para a viabilidade da exploração tanto da bovinocultura de leite como de carne é necessário alta produtividade do rebanho durante todo o ano. No entanto, em regiões cujo outono-inverno há escassez de precipitação pluviométrica, como é o caso de várias regiões do Brasil, tanto a produção como a qualidade da forragem diminuem, o que pode acarretar em perda de peso e menores produtividades de leite nos rebanhos de corte e de leite. Nesta época do ano torna-se necessária a suplementação da alimentação dos animais, sendo que a principal fonte de volumoso para se fazer essa suplementação é a silagem de milho. Vale também ressaltar, que nos sistemas de criação intensivos, de ambas as atividades (bovinocultura de leite e de carne), a utilização de animais melhorados é comum, e para que se possa explorar todo potencial genético desses rebanhos é imprescindível que a silagem de milho seja de alta qualidade.

Em relação ao desenvolvimento de cultivares para a produção de silagem, é importante enfatizar que a maioria dos programas de melhoramento conduzidos no país não dá muita ênfase a este aspecto. Geralmente, os melhores híbridos, os que produzem mais grãos, são também recomendados para a produção de silagem. Entretanto, na literatura existem vários relatos (Coors et al., 1994; Coors, 1996; Oliveira et al., 1997) mostrando que nem sempre as melhores cultivares para a produção de grãos são as de melhor digestibilidade da planta inteira.

Entre os fatores que afetam a qualidade da silagem, um dos mais importantes é a digestibilidade da matéria seca. Atualmente, esta característica vem sendo considerada, pois permite uma indicação mais segura sobre o valor nutricional da cultivar de milho a ser ensilada. Diversos trabalhos demonstraram a relação entre a digestibilidade da silagem e o desempenho animal (Hunt et al., 1992; Barrière et al., 1991; Mahanna, 1994), indicando que híbridos de milho

mais digestíveis resultam em uma melhora na eficiência da alimentação e, conseqüentemente, um melhor desempenho dos animais. Assim, a ênfase nos programas visando a obtenção de híbridos deve ser direcionada à obtenção de cultivares com maior digestibilidade da silagem.

Um dos métodos utilizados para avaliação da digestibilidade da silagem é a degradabilidade *in situ* da matéria seca, que avalia a degradação potencial e efetiva da forragem. Esse método tem como principal vantagem processar simultaneamente um grande número de amostras e já foi destacado por pesquisadores em outros trabalhos (Oliveira et al., 1999).

Para exploração adequada do germoplasma de um programa de melhoramento, o conhecimento da variabilidade genética entre as linhagens é de fundamental importância, pois permite antever a possibilidade de ganhos com a seleção e possibilita, também, o planejamento de cruzamentos que maximizem a heterose. A variabilidade genética entre as linhagens é utilizada também nos estudos de controle genético, em que são utilizadas linhagens contrastantes para a característica que se deseja estudar.

Este trabalho visou avaliar a variabilidade genética entre linhagens de milho provenientes de um determinado banco de germoplasma, quanto a características relacionadas à produção de silagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais utilizados, instalação e condução dos experimentos

Foram avaliadas 36 linhagens de milho, provenientes de diferentes populações, tomadas aleatoriamente de um banco de germoplasma contendo aproximadamente mil linhagens, gentilmente cedidas pela empresa GeneSeeds - Recursos Genéticos em Milho Ltda. Os experimentos para avaliação das

linhagens foram instalados em duas épocas de semeadura (19/11/99 e 28/12/99), na área experimental da Universidade Federal de Lavras, UFLA. A cidade de Lavras está situada na região Sul do Estado de Minas Gerais, a 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, a uma altitude média de 918 m acima do nível do mar. O clima do município se caracteriza como Cwb (classificação de Köppen), com temperatura média de 22,5° C no mês mais quente e 15,8° no mês mais frio, sendo a temperatura média anual de 19,4° C. A precipitação média anual é de 1530 mm, a evaporação total no ano é de 1034,3 mm e a umidade relativa média anual é de 76,2% (Brasil, 1992).

O delineamento experimental utilizado foi o látice simples 6x6. As parcelas foram constituídas de 2 linhas de 4 metros, espaçadas de 0,8 metros e com uma densidade de 55000 plantas por hectare. No momento da semeadura, foram aplicados, para ambas as épocas de semeadura, 400 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 0,5% de Zn. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira adubação de cobertura com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ da formulação 20:00:20. A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram entre oito e nove folhas, com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de uréia. Foi realizado também a aplicação de adubo foliar com o produto comercial Arrank da Quimifol[®], aos 30 dias após semeadura, na dosagem de 2 litros ha⁻¹. Os tratos culturais realizados, bem como o combate de pragas, foram executados nas épocas adequadas, de acordo com as necessidades da cultura.

2.2 Colheita e determinação da produtividade de matéria seca

As plantas das parcelas foram colhidas, cortando-as a 20 cm do solo, a medida que os grãos das espigas de cada linhagem apresentavam-se no ponto denominado de meia linha de leite (Fancelli & Dourado Neto, 2000), com a porcentagem de matéria seca entre 30 e 40%. Por ocasião da colheita, as plantas foram pesadas para a determinação da produtividade de matéria verde.

Posteriormente, as plantas de cada parcela foram trituradas em picadeira e homogeneizadas para a retirada de duas amostras. A primeira amostra (900 gramas) foi seca em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55° C, até obter peso constante, e posteriormente moída em moinho tipo Willey, com peneira de 5mm para a determinação da porcentagem de matéria seca (MS) em estufa a 105° C. Assim, a produtividade de matéria seca foi estimada por meio da produtividade de matéria verde, multiplicada pela porcentagem de MS a 105° C.

2.3 Confeção da silagem, determinação da FDN e da degradabilidade *in situ*

Uma segunda amostra foi ensilada em silos experimentais de PVC, cilíndrico, com aproximadamente 45 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Após 100 dias, as silagens foram retiradas dos silos e homogeneizadas, retirando-se, posteriormente, uma amostra de 900 gramas. Foi seguido o mesmo procedimento de secagem em estufa a 55° C até a amostra atingir o peso constante. Essa amostra foi dividida em duas partes, sendo uma parte moída com peneira de 5mm e a outra, com peneira de 1mm. O material moído a 5mm, foi utilizado para a condução do ensaio de degradabilidade *in situ*, enquanto a outra parte, moída com peneira de 1mm, foi utilizado para a determinação da porcentagem de fibra em detergente neutro, segundo Van Soest et al. (1991).

A degradabilidade *in situ* das silagens de todas as linhagens foi realizada segundo a metodologia descrita por Pereira (1997). Essas análises foram efetuadas por meio de incubação ruminal em tempos de 24 e 96 horas, utilizando-se saquinhos, em que 5 animais receberam todas as amostras da matéria seca das silagens provenientes das parcelas dos dois experimentos. Para a confecção dos saquinhos, foi utilizado um tecido denominado failite “poliester”, com dimensões de 9 x 15cm. O fechamento das bordas foi feito por meio de solda obtida com o uso de resistência. Em cada saquinho foram colocadas mais ou

menos 5 gramas de amostra seca a 55° C, correspondendo a uma relação de 18,5mg cm⁻².

Os animais utilizados para a avaliação da degradabilidade foram vacas não lactantes, não gestantes e com cânula ruminal. Foram utilizados 5 animais (3 da raça Holandesa e 2 da raça Jersey). Esses animais foram submetidos a um processo de adaptação durante quinze dias antes do início da incubação, com o objetivo de obter boas condições ruminais para a realização da degradabilidade *in situ*. Para essa adaptação foi fornecida uma dieta à base de fubá de milho em torno de 2kg por dia por animal e livre acesso ao pastejo. Durante o processo de incubação, os animais foram mantidos em baias separadas, submetidos a uma dieta a base de farelo de milho, em torno de 4kg por dia por animal, fornecido 2 vezes no dia, e capim picado no cocho à vontade.

A metodologia adotada para o controle de tempo dos saquinhos no rúmen foi a da colocação no tempo, introduzindo-se primeiro aqueles que permaneceriam mais tempo no rúmen e retirando todos de uma só vez. Os saquinhos pertencentes a cada tempo foram colocados dentro de um saco de filó com a adição de pesos para mantê-los imersos no rúmen. O número de saquinhos por animal por tempo foi de 144 unidades, o que corresponde ao número de parcelas em cada época de semeadura (72) multiplicado pelo número de épocas (2).

Após serem retirados do rúmen dos animais, os saquinhos foram imediatamente colocados em água gelada para a paralização do processo de degradação. Em seguida, foram lavados com leve agitação em sistema de tanque com hélice agitadora, renovando-se a água até a mesma se apresentar transparente. Posteriormente, os saquinhos foram colocados novamente em estufa a 55° C até peso constante, e logo após foram pesados. Pela diferença de peso entre essa pesagem e a efetuada antes de incubar os materiais, determinou-

se a quantidade de matéria seca degradada no rúmen, expressa em porcentagem de matéria seca degradável.

2.4 Procedimentos estatísticos

2.4.1 Produtividade de matéria seca

Foram realizadas inicialmente, as análises de variância individuais para cada época de semeadura, sendo adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijl} = \mu + p_i + b_{l(j)} + r_j + e_{ijl}$$

Em que:

Y_{ijl} : valor observado na parcela experimental da linhagem i , no bloco l , na repetição j ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 36$);

$b_{l(j)}$: efeito do bloco l ($l = 1, 2, \dots, 6$), dentro da repetição j ;

r_j : efeito da repetição j ($j = 1, 2$);

e_{ijl} : erro experimental médio, tendo $e_{ijl} \cap N(0, \sigma^2)$.

O esquema da análise de variância, com as esperanças dos quadrados médios, está apresentado na tabela 1.

TABELA 1. Modelo da análise de variância para a produtividade de matéria seca, por época de semeadura e esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Repetição	1	-	
Linhagens (L)	35	Q_1	$\sigma_e^2 + 2\sigma_g^2$
Resíduo	35	Q_2	σ_e^2

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

Posteriormente, foram realizadas análises conjuntas envolvendo as duas épocas de semeadura, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + a_k + (pa)_{ik} + r_{j(k)} + e_{ijk},$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i , na repetição j , dentro da época de semeadura k ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 36$);

a_k : efeito fixo da época de semeadura k ($k = 1, 2$);

$(pa)_{ik}$: efeito da interação da linhagem i com a época de semeadura k ;

$r_{j(k)}$: efeito da repetição j ($j = 1, 2$), dentro da época de semeadura k ;

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

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2. Modelo da análise de variância conjunta para a produtividade de matéria seca e esperanças dos quadrados médios utilizadas.

FV	GL	QM	E(QM)
Repetição/Época	2		
Épocas (A)	1		
Linhagens (L)	35	Q ₃	$\sigma_e^2 + 4\sigma_g^2$
L x A	35	Q ₄	$\sigma_e^2 + 2\sigma_{ga}^2$
Erro Médio	70	Q ₅	σ_e^2

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

σ_{ga}^2 : variância da interação linhagens x épocas;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

2.4.2 Porcentagem de fibra em detergente neutro

Para a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), foram realizadas também análises de variância individuais e, posteriormente, análises conjuntas envolvendo as duas épocas de semeadura, de acordo com os seguintes modelos:

Análise individual:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + e_{ij},$$

Em que:

Y_{ij} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i , na repetição j ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 36$);

e_{ij} : erro experimental médio, tendo $e_{ij} \cap N(0, \sigma^2)$.

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados na tabela 3.

TABELA 3. Modelo da análise de variância para FDN, por época de semeadura e esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Linhagens (L)	35	Q_6	$\sigma_e^2 + 2\sigma_g^2$
Resíduo	35	Q_7	σ_e^2

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

Análise conjunta:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + a_k + (pa)_{ik} + e_{ijk},$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i , na repetição j , dentro da época de semeadura k ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 36$);

a_k : efeito fixo da época de semeadura k ($k = 1, 2$);

$(pa)_{ik}$: efeito da interação da linhagem i com a época de semeadura k ;

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

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados na tabela 4.

TABELA 4. Modelo da análise de variância conjunta para FDN e esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Épocas (A)	1		
Linhagens (L)	35	Q_8	$\sigma_e^2 + 4\sigma_g^2$
L x A	35	Q_9	$\sigma_e^2 + 2\sigma_{ga}^2$
Erro Médio	70	Q_{10}	σ_e^2

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

σ_{ga}^2 : variância da interação linhagens x épocas;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

2.4.3 Degradabilidade *in situ* da matéria seca

Os dados obtidos para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) foram submetidos inicialmente à análise de variância por época de semeadura e por tempo de incubação, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijl} = \mu + p_i + b_j + v_l + (pv)_{il} + (pb)_{ij} + (vb)_{jl} + e_{ijl},$$

Em que:

Y_{ijl} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i , no bloco j , na vaca l ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 36$);

b_j : efeito do bloco j ($j = 1, 2$);

v_l : efeito fixo da vaca l ($l = 1, 2, 3, 4, 5$);

$(pv)_{il}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l ;

$(pb)_{ij}$: efeito da interação da linhagem i com o bloco j ;

$(vb)_{jl}$: efeito da interação da vaca l com o bloco j ;

e_{ijl} : erro experimental médio, tendo $e_{ijl} \cap N(0, \sigma^2)$.

Posteriormente, foram realizadas análises conjuntas envolvendo os tempos de incubação e as épocas de semeadura separadamente, de acordo com os seguintes modelos:

Análise por tempo de incubação:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + b_{j(k)} + a_k + v_l + (vb)_{lj(k)} + (ap)_{ik} + (av)_{kl} + (pv)_{il} + (pb)_{ij(k)} + (apv)_{ikl} \\ + (pvb)_{ijl(k)} + e_{ijkl},$$

Em que:

Y_{ijkl} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i , no bloco j dentro da época de semeadura k , na vaca l ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 36$);

$b_{j(k)}$: efeito do bloco j ($j = 1, 2$), dentro da época de semeadura k ;

a_k : efeito fixo da época de semeadura k ($k = 1, 2$);

v_l : efeito fixo da vaca l ($l = 1, 2, 3, 4, 5$);

$(vb)_{lj(k)}$: efeito da interação da vaca l com o bloco j , dentro da época de semeadura k ;

$(pa)_{ik}$: efeito da interação da época de semeadura k com a linhagem i ;

$(av)_{kl}$: efeito da interação da época de semeadura k com a vaca l ;

$(pv)_{il}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l ;

$(pb)_{ij(k)}$: efeito da interação da linhagem i com o bloco j , dentro da época de semeadura k ;

$(apv)_{ikl}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com a época de semeadura k ;

$(pvb)_{ijl(k)}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com o bloco j , dentro da época de semeadura k ;

e_{ijkl} : erro experimental médio, tendo $e_{ijkl} \cap N(0, \sigma^2)$.

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados na tabela 5.

TABELA 5. Modelo da análise de variância para a DISMS por tempo de incubação e esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Bloco/Época	2		
Vaca (V)	4		
Erro 1	8		
Linhagem (L)	35	Q ₁₁	$\sigma_e^2 + 5\sigma_{gb/a}^2 + 20\sigma_g^2$
Erro 2	70		
Época (A)	1		
L x A	35		
V x A	4		
L x V	140		
L x V x A	140		
Erro 3	280		

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

$\sigma_{gb/a}^2$: variância da interação linhagens x blocos dentro de época;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

Análise por época de semeadura:

$$Y_{ijlm} = \mu + p_i + b_j + v_l + t_m + (vb)_{lj} + (pt)_{im} + (tv)_{lm} + (tb)_{mj} + (pv)_{il} + (pb)_{ij} + (ptv)_{ilm} + (ptb)_{ijm} + (tvb)_{jlm} + (pvb)_{ijl} + e_{ijklm},$$

Em que:

Y_{ijklm} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i, no bloco j dentro da época de semeadura k, no tempo de incubação m, na vaca l;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i (i = 1, 2, 3, ..., 36)

b_j : efeito do bloco j (j = 1, 2);

v_l : efeito fixo da vaca l (l = 1, 2, 3, 4, 5);

t_m : efeito fixo do tempo de incubação m (m = 1, 2);

- (vb)_{ij(k)}: efeito da interação da vaca l com o bloco j;
- (pt)_{im}: efeito da interação da linhagem i com o tempo de incubação m;
- (tv)_{lm}: efeito da interação do tempo de incubação m com a vaca l;
- (tb)_{mj}: efeito da interação do tempo de incubação m com o bloco j;
- (pv)_{il}: efeito da interação da linhagem i com a vaca l;
- (pb)_{ij}: efeito da interação da linhagem i com o bloco j;
- (ptv)_{ilm}: efeito da interação do tempo de incubação com a linhagem i com a vaca l;
- (ptb)_{ijm}: efeito da interação do tempo de incubação com a linhagem i com o bloco j;
- (tvb)_{ilm}: efeito da interação do tempo de incubação com a vaca l com o bloco j;
- (pvb)_{ijl}: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com o bloco j;
- e_{ijlm}: erro experimental médio, tendo e_{ijlm} \cap N(0, σ^2).

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados na tabela 6.

TABELA 6. Modelo da análise de variância para DISMS por época de semeadura e esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Bloco	1		
Vaca (V)	4		
Erro 1	4		
Tempo (T)	1		
V x T	4		
Erro 2	1		
Linhagem (L)	35	Q ₁₂	$\sigma_e^2 + 5\sigma_{gb}^2 + 20\sigma_g^2$
L x V	140		
L x T	35		
Erro 3	35		
L x V x T	140		
L x V x B	140		
L x T x B	35		
V x T x B	4		
Erro 4	140		

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

σ_{gb}^2 : variância da interação linhagens x blocos;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

Posteriormente, procedeu-se a análise de variância conjunta envolvendo simultaneamente as duas épocas de semeadura e os dois tempos de incubação, de acordo com o modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + p_i + b_{j(k)} + a_k + v_l + t_m + (vb)_{lj(k)} + (at)_{km} + (ap)_{ik} + (av)_{kl} + (pt)_{im} + (tv)_{lm} + (tb)_{mj(k)} + (pv)_{il} + (pb)_{ij(k)} + (pta)_{imk} + (atv)_{klm} + (pav)_{ikl} + (ptv)_{ilm} + (ptb)_{ijm(k)} + (tvb)_{jim(k)} + (pvb)_{ijl(k)} + (aptv)_{iklm} + e_{ijklm},$$

Em que:

Y_{ijklm} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i, no bloco j, dentro da época de semeadura k, no tempo de incubação m, na vaca l;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da linhagem i (i = 1, 2, 3, ...36);

$b_{j(k)}$: efeito do bloco j (j = 1, 2) dentro da época de semeadura k;

a_k : efeito fixo da época de semeadura k (k = 1, 2);

v_l : efeito fixo da vaca l (l = 1, 2, 3, 4, 5);

t_m : efeito fixo do tempo de incubação m (m = 1, 2);

$(vb)_{lj(k)}$: efeito da interação da vaca l com o bloco j, dentro da época de semeadura k;

$(at)_{km}$: efeito da interação da época de semeadura k com o tempo de incubação m;

$(pa)_{ik}$: efeito da interação da época de semeadura k com a linhagem i;

$(av)_{kl}$: efeito da interação da época de semeadura k com a vaca l;

$(pt)_{im}$: efeito da interação da linhagem i com o tempo de incubação m;

- (tv)_{lm}: efeito da interação do tempo de incubação m com a vaca l;
- (tb)_{mj(k)}: efeito da interação do tempo de incubação m com o bloco j, dentro da época de semeadura k;
- (pv)_{il}: efeito da interação da linhagem i com a vaca l;
- (pb)_{ij(k)}: efeito da interação da linhagem i com o bloco j, dentro da época de semeadura k;
- (pta)_{imk}: efeito da interação da linhagem i com o tempo de incubação m com a época de semeadura k;
- (atv)_{klm}: efeito da interação da vaca l com o tempo de incubação m com a época de semeadura k;
- (pav)_{ikl}: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com a época de semeadura k;
- (ptv)_{ilm}: efeito da interação do tempo de incubação com a linhagem i com a vaca l;
- (ptb)_{ijm(k)}: efeito da interação do tempo de incubação com a linhagem i com o bloco j, dentro da época de semeadura k;
- (tvb)_{jlm(k)}: efeito da interação do tempo de incubação com a vaca l com o bloco j, dentro da época de semeadura k;
- (pvb)_{ijl(k)}: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com o bloco j, dentro da época de semeadura k;
- (patv)_{iklm}: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com o tempo de incubação m com a época de semeadura k;
- e_{ijklm}: erro experimental, tendo e_{ijklm} $\cap N(0, \sigma^2)$.

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados na tabela 7.

TABELA 7. Modelo da análise de variância conjunta para DISMS, considerando as duas épocas de semeadura e os dois tempos de incubação, e as esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Bloco/Época (B/A)	2		
Vaca (V)	4		
Erro 1	8		
Época (A)	1		
Tempo (T)	1		
T x V	4		
Erro 2	2		
A x V	4		
A x T	1		
Linhagem (L)	35	Q ₁₃	$\sigma_e^2 + 10\sigma_{gb/a}^2 + 40\sigma_g^2$
L x V	140		
L x T	35		
L x A	35	Q ₁₄	$\sigma_e^2 + 10\sigma_{gb/a}^2 + 20\sigma_{ga}^2$
Erro 3	70	Q ₁₅	$\sigma_e^2 + 10\sigma_{gb/a}^2$
A x T x V	4		
L x A x V	140		
L x T x V	140		
L x T x A	35		
L x T x B/A	70		
T x V x B/A	8		
L x V x B/A	280		
L x A x T x V	140		
Erro 4	280		

σ_g^2 : variância genética entre linhagens;

$\sigma_{gb/a}^2$: variância da interação linhagens x blocos dentro de época;

σ_{ga}^2 : variância da interação linhagens x épocas;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas.

2.5 Estimativas de parâmetros genéticos

Com base nas análises de variância e covariância, foram estimados parâmetros genéticos e fenotípicos (Tabela 9):

TABELA 9. Expressões utilizadas para estimar as variâncias genéticas (σ_g^2), fenotípicas (σ_f^2) e das interações linhagens x épocas (σ_{ga}^2).

Produtividade de MS (Anava Individual)	Expressão
σ_g^2	$(Q_1 - Q_2)/2$
σ_f^2	$Q_1/2$
Produtividade de MS (Anava Conjunta)	
σ_g^2	$(Q_3 - Q_4)/4$
σ_f^2	$Q_3/4$
σ_{ga}^2	$(Q_4 - Q_5)/2$
FDN (Anava Individual)	
σ_g^2	$(Q_6 - Q_7)/2$
σ_f^2	$Q_6/2$
FDN (Anava Conjunta)	
σ_g^2	$(Q_8 - Q_9)/4$
σ_f^2	$Q_8/4$
σ_{ga}^2	$(Q_9 - Q_{10})/2$
DISMS (Anava por Tempo de Incubação)	
σ_g^2	Média de todas as covariâncias possíveis para as linhagens, entre épocas de semeadura e vacas
σ_f^2	$Q_{11}/20$
DISMS (Anava por Época de Semeadura)	
σ_g^2	Média de todas as covariâncias possíveis para as linhagens, entre tempos de incubação e vacas
σ_f^2	$Q_{12}/20$
DISMS (Anava Conjunta)	
σ_g^2	Média de todas as covariâncias possíveis para as linhagens, entre épocas de semeadura, tempos de incubação e vacas
σ_f^2	$Q_{13}/40$
σ_{ga}^2	$(Q_{14} - Q_{15})/20$

Foram estimadas também as correlações genéticas entre os caracteres, de acordo com Ramalho et al. (2000):

$$r_{g(xy)} = \frac{COV_{(xy)}}{(\sigma_{g(x)}^2 \sigma_{g(y)}^2)^{1/2}}$$

Em que:

$r_{g(xy)}$: correlação genética entre as características x e y;

$COV_{(xy)}$: covariância entre as características x e y;

$\sigma_{g(x)}^2$: variância genética para a característica x;

$\sigma_{g(y)}^2$: variância genética para a característica y.

Estimaram-se também as herdabilidades (h^2) no sentido amplo, na média das linhagens, utilizando a expressão citada por Ramalho et al. (1993):

$$h_m^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

Em que:

h_m^2 : herdabilidade média estimada;

σ_g^2 : variância genética entre as linhagens;

σ_f^2 : variância fenotípica entre as linhagens.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No apêndice (Tabelas 1A, 2A e 3A), estão apresentados os resumos das análises de variância por época de semeadura para as características produtividade de matéria seca (MS.ha⁻¹), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), nos tempos de 24 e 96 horas de incubação (DISMS 24H e DISMS 96H), e para a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). Foi observado diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as linhagens para todas as características, nas duas épocas de semeadura utilizadas. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV), variou acentuadamente entre as características, em que a mais alta estimativa foi observada para MS. ha⁻¹ (19,68%) e a menor, para a DISMS 96H (5,33%).

Para a degradabilidade da silagem foram realizadas também as análises conjuntas por época de semeadura e por tempo de incubação separadamente (Tabelas 4A e 5A), quando novamente foram detectadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre as linhagens. A precisão experimental foi boa e o coeficiente de variação foi, em todos os casos, inferior a 8,0%.

O resumo da análise de variância conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura para a produtividade de matéria seca das linhagens está apresentado na tabela 10. Foi verificada diferença significativa para as fontes de variação linhagens e para a interação linhagens x épocas de semeadura. A acurácia experimental, avaliada pelo CV, foi de 19,6%, valor semelhante aos obtidos para esta característica em outros trabalhos (Ramalho, 1999; Gomes et al., 2002).

TABELA 10. Resumo da análise de variância conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura para a produtividade de matéria seca, referente a avaliação de 36 linhagens de milho. UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Blocos (Época)	2	2,62
Linhagens (L)	35	6,42**
Épocas (A)	1	4,85
L x A	35	5,19**
Erro	70	2,48
CV (%)		19,64
Média		8,02

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

A diferença entre as linhagens para a produtividade de matéria seca é melhor visualizada no gráfico de distribuição de frequências (Figura 1). A variação verificada foi de 6,05 a 10,66 t.ha⁻¹, ou seja, uma amplitude de 4,61 t.ha⁻¹. As produtividades obtidas podem ser consideradas elevadas por se tratar de um grupo de linhagens endógamas de milho, em que o vigor é baixo. No entanto, vale lembrar que esses resultados foram obtidos em parcelas experimentais, em que as condições ambientais (água, ataque de pragas, etc) foram bem controladas.

A ocorrência da interação linhagens x épocas de semeadura para a produtividade de MS indica que o comportamento das linhagens não foi coincidente nas duas épocas. Fonseca (2000) também observou interação significativa para esse caráter ao avaliar cultivares comerciais de milho em diferentes épocas de semeadura na região. Contudo, Ramalho (1999) verificou pequena importância dessa interação quando avaliou famílias de meio-irmãos também no sul de Minas Gerais.

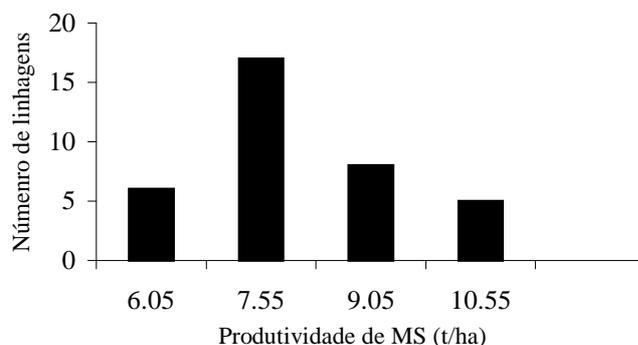


Figura 1. Distribuição de frequência da produtividade de matéria seca ($t \cdot ha^{-1}$), das 36 linhagens de milho avaliadas em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

O resumo da análise de variância conjunta para DISMS, envolvendo as duas épocas de semeadura e os dois tempos de incubação simultaneamente, está apresentado na tabela 11. Observa-se que a precisão experimental foi inferior a 11%, evidenciando outra vez a boa precisão experimental obtida. Constatou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as fontes de variação vacas, épocas de semeadura, tempos de incubação e linhagens.

O efeito da época de semeadura afetou a digestibilidade da silagem; o seu atraso provocou um decréscimo na digestibilidade média das silagens. A redução da digestibilidade com o atraso na época de semeadura também foi observado por Villela (2001). Esses resultados indicam a importância da semeadura do milho na época recomendada, não só objetivando maiores produtividades de silagem, como já constatado em outros trabalhos (Keplin & Santos, 1996; Villela, 2001), mas também quando o objetivo é obter silagem de melhor qualidade.

TABELA 11. Resumo da análise de variância conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura e os dois tempos de incubação para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, referente a avaliação de 36 linhagens de milho. UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Blocos (Época) (B/A)	2	49,53
Vacas (V)	4	1543,13**
Erro 1	8	41,58
Épocas (A)	1	74,94*
Tempos (T)	1	2 12933,76**
T x V	4	416,26**
Erro 2	2	3,53
A x V	4	40,11
A x T	1	837,68**
Linhagens (L)	35	195,79**
L x V	140	16,31
L x T	35	47,38*
L x A	35	37,06
Erro 3	70	29,53
A x T x V	4	32,10
L x A x V	140	14,15
L x T x V	140	18,13
L x T x A	35	13,71
L x T x B/A	70	17,77
T x V x B/A	8	12,07
L x V x B/A	280	15,96
L x A x T x V	140	17,05
Erro 4	280	16,18
CV 1 (%)		10,22
CV 2 (%)		2,98
CV 3 (%)		8,61
CV 4 (%)		6,37
Média		63,11

* e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

Quanto aos tempos de incubação, a diferença significativa observada era esperada, visto que no tempo de 96 hs as silagens permaneceram por um período maior no rúmex, sofrendo, portanto, maior degradação.

Foi observado também efeito significativo ($P \leq 0,05$), para as interações tempos de incubação x vacas, tempos de incubação x épocas e tempos de incubação x linhagens, indicando que o comportamento das linhagens, bem como o efeito de vacas e épocas de semeadura não foram coincidentes nos dois tempos de incubação (Tabela 11).

Em relação às linhagens avaliadas, como já comentado, foram verificadas diferenças significativas para a degradabilidade da silagem, entretanto, foi expressivo o fato da interação linhagens x épocas de semeadura ser não significativa para a DISMS, indicando que o comportamento das linhagens foi consistente nas duas épocas.

A existência de variabilidade entre as linhagens para essa característica é realçada pelas distribuições de frequência (Figuras 2 e 3), em que o comportamento das linhagens está exposto nos dois tempos de incubação. Para a degradabilidade *in situ* no tempo de 24 horas de incubação, a variação foi de 44,7 a 55,6%. Em relação à degradabilidade no tempo de 96 horas de incubação, a variação foi de 68,3 a 81,2%.

Resultados obtidos por Oliveira et al. (1997), Gomes et al. (2001) e Villela (2001) em que foi avaliada a degradabilidade *in situ* de híbridos comerciais, constataram variações semelhantes e enfatizaram sobre o potencial a ser explorado pelo melhoramento para tal característica.

Johnson (1985) estimou que um acréscimo de 2% na digestibilidade da matéria orgânica da silagem pode representar, para uma vaca com 600 kg de peso e produção de 25 kg de leite (4% de gordura) por dia, um acréscimo de 596g de leite. O mesmo autor avaliou a digestibilidade da matéria seca de nove cultivares de milho durante dois anos e observou variação de 4,2%.

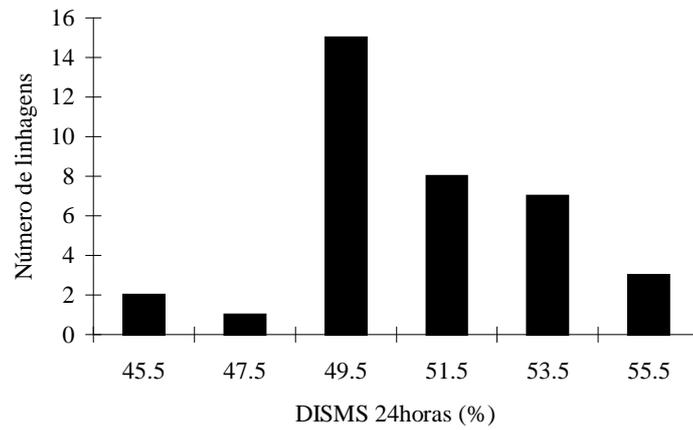


FIGURA 2. Distribuição de freqüência da degradabilidade *in situ* da matéria seca no tempo de 24 horas de incubação, das 36 linhagens de milho avaliadas em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

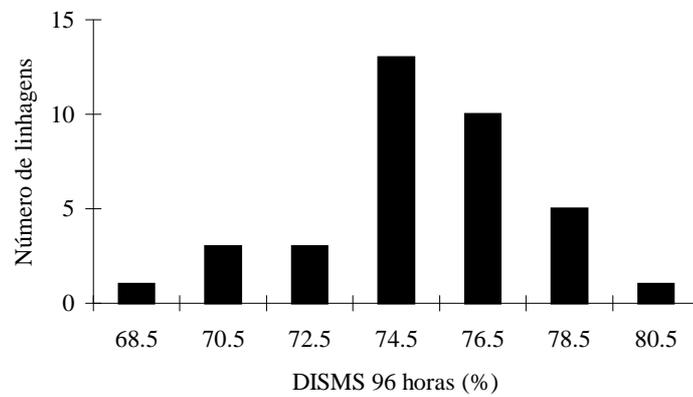


FIGURA 3. Distribuição de freqüência da degradabilidade *in situ* da matéria seca no tempo de 96 horas de incubação, das 36 linhagens de milho avaliadas em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Outra característica importante para se avaliar a qualidade da silagem é a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), a qual determina a quantidade de fibra, correspondente às frações de lignina, celulose e hemicelulose presentes na silagem. Quanto menor a FDN, maior a digestibilidade da silagem. Observam-se, pela análise da variância conjunta, envolvendo as duas épocas de semeadura (Tabela 12), diferenças significativas entre as linhagens e épocas de semeadura. Vale ressaltar a não significância para a interação linhagens x épocas de semeadura, indicando novamente que o comportamento das linhagens foi coincidente nas duas épocas.

A porcentagem de fibra em detergente neutro, assim como a degradabilidade da silagem, foram afetadas pela época de semeadura. A semeadura realizada mais tarde levou a um aumento na porcentagem de FDN (Tabela 3A do anexo). Esse resultado é coerente com o que já foi relatado, visto que um aumento na fibra foi acompanhado de uma redução na degradabilidade da silagem.

TABELA 12. Resumo da análise de variância conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura para a porcentagem de fibra em detergente neutro referente à avaliação de 36 linhagens de milho. UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Linhagens (L)	35	35,88**
Épocas (A)	1	588,59**
L x A	35	12,19
Erro	72	8,81
CV (%)		6,09
Média		48,76

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

A diferença entre as linhagens quanto à FDN pode ser melhor visualizada no gráfico de distribuição de freqüências (Figura 4). A variação observada foi de 42,4 a 56,0%, ou seja, uma amplitude de 13,6%, isto é, 27,9% da média, indicando também ser factível a seleção para esse caráter entre as linhagens. De maneira geral, os valores de FDN foram semelhantes aos resultados comumente relatados em pesquisas desenvolvidas na região, bem como em outras regiões brasileiras, cuja variação normalmente observada é de 42 a 72% (Penati, 1995; Prada & Silva, 1997; Mello et al., 1999; Fonseca, 2000). Por outro lado, esses valores foram elevados quando comparados aos obtidos nos Estados Unidos, os quais normalmente são inferiores a 45% (Allen et al., 1991).

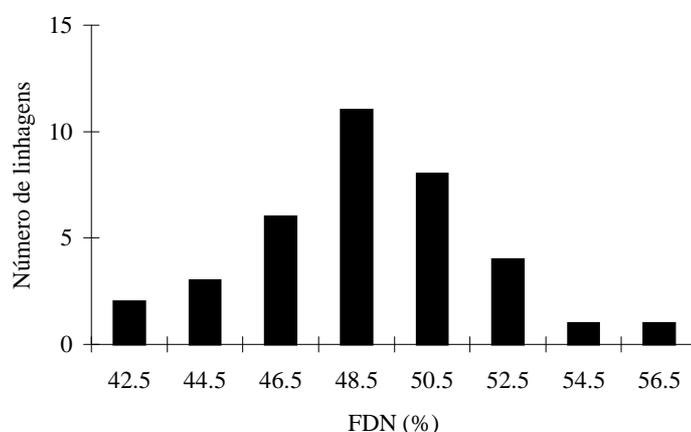


Figura 4. Distribuição de freqüência da porcentagem de fibra em detergente neutro, das 36 linhagens de milho avaliadas em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, considerando cada época de semeadura e, no caso da DISMS, considerando também os dois tempos de incubação, estão apresentados na tabela 6A. As altas estimativas da variância genética entre as linhagens, bem como a da herdabilidade, comprovam a existência de variabilidade entre as linhagens para todos os caracteres, nas duas épocas de semeadura, e também para a DISMS nos dois tempos de incubação, evidenciando a possibilidade de sucesso de seleção.

Quando se consideram as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos a partir da análise conjunta, também se constata a existência de variabilidade genética entre as linhagens para todas as características (Tabela 13). A estimativa da variância da interação linhagens x épocas de semeadura (σ_{ga}^2) variou entre os caracteres. Como há diferenças nas unidades, para comparar a sua importância foi obtida a relação entre a estimativa da interação e a variância das linhagens, isto é, $(\sigma_{ga}^2/\sigma_g^2) \times 100$. Observa-se que a importância da interação variou acentuadamente com o caráter. No caso da DISMS e FDN, o efeito da interação foi de 9,67% e 28,55%, respectivamente. Para a produtividade de MS, a sua estimativa superou a variância genética entre as linhagens em 4,38 vezes.

TABELA 13. Estimativas das variâncias genéticas (σ_g^2), fenotípicas (σ_f^2), da interação linhagens x épocas (σ_{ga}^2) e herdabilidade (h^2) entre linhagens de milho para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), produtividade de matéria seca (MS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Parâmetros	Característica		
	DISMS	MS	FDN
σ_g^2	3,93	0,31	5,92
σ_f^2	4,89	1,61	8,97
σ_{ga}^2	0,38	1,36	1,69
$(\sigma_{ga}^2/\sigma_g^2) \times 100$	9,67	438,71	28,65
h^2 (%)	80,37	19,25	65,99

A herdabilidade é, com certeza, o melhor parâmetro para se fazer qualquer inferência sobre o sucesso com a seleção em um dado caráter. Verifica-se que o valor dessa estimativa variou de 19,25% (MS) a 80,37% (DISMS) (Tabela 13). Esse resultado realça, conforme já comentado, a existência de variação genética para todos os caracteres e a possibilidade de êxito no processo de seleção.

Contudo, na literatura brasileira há escassez de informações a respeito de parâmetros genéticos e fenotípicos para caracteres associados à produção de forragem. Assim, pode-se inferir que a estimativa de h^2 para a MS (19,25%), foi inferior à relatada por Ramalho (1999) e Gomes et al. (2001), que avaliaram famílias de meio-irmãos e híbridos de milho e observaram estimativas de h^2 acima de 60% para o referido caráter. No entanto, para a DISMS, a estimativa de 80,37% para a herdabilidade foi superior à verificada por Gomes et al. (2001), que obtiveram estimativas inferiores a 50%.

Para a porcentagem de FDN, a estimativa de h^2 obtida (65,99%) foi ligeiramente inferior à observada por Beegly (1990), que ao avaliar famílias S_1 provenientes de quatro populações, encontrou valores superiores a 80%.

Um aspecto importante na seleção de materiais é o conhecimento da relação existente entre as características que estão sendo avaliadas. Características altamente correlacionadas permitem a seleção com base naquela de mais fácil avaliação, permitindo ganho semelhante na outra característica. As estimativas das correlações genéticas entre as características FDN e DISMS, nos dois tempos de incubação, e MS estão apresentadas na tabela 14. A correlação entre a DISMS nas duas épocas foi alta e positiva, indicando que o desempenho das linhagens foi coincidente nas duas épocas de avaliação, como já mencionado, e que a época de semeadura não deverá afetar o sucesso da seleção para esse caráter.

TABELA 14. Estimativas das correlações genéticas entre as características: produtividade de matéria seca (MS), degradabilidade *in situ* nos tempos de 24 (DISMS 24H) e 96 horas (DISMS 96H) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), nas duas épocas de semeadura (ES1 e ES2), considerando as 36 linhagens de milho avaliadas. UFLA, Lavras – MG, 2003.

	MS (ES2)	FDN (ES2)	DISMS 24H (ES2)	DISMS 96H (ES2)
MS (ES1)	0,18	0,17	-0,07	0,05
FDN (ES1)	-0,02	0,50	-0,32	0,32
DISMS 24H (ES1)	0,28	-0,59	0,82	0,69
DISMS 96H (ES1)	0,30	-0,63	0,69	0,93

As altas estimativas da correlação entre a DISMS em 24 e 96 horas, evidenciam que, de modo geral, não houve alteração expressiva no desempenho das linhagens em função do tempo de incubação. Isto indica que futuros trabalhos utilizando esta característica podem optar por apenas um dos tempos de incubação, possibilitando, assim, avaliar o dobro de genótipos de milho.

Como eram esperadas, as correlações envolvendo FDN e degradabilidade foram na maioria dos casos negativas e de grande magnitude. Desse modo, linhagens que apresentaram alta degradabilidade normalmente possuíam baixa porcentagem de FDN, pois tal característica representa uma porção da parte indigestível da forragem, afetando a degradabilidade das mesmas. Resultados semelhantes foram obtidos por Allen et al. (1991), Wolf et al. (1993), Penati (1995), Fonseca (2000) e Argillier et al. (2000). Isso implica que qualquer um desses caracteres pode ser utilizado, no futuro, durante o processo de seleção inicial de linhagens ou híbridos de milho.

As correlações envolvendo a produtividade de matéria seca com as demais características foram, na sua maioria, de baixa magnitude, e em alguns casos negativas. Entretanto, os resultados não excluem a possibilidade de seleção de linhagens que associem boa produtividade de MS e alta digestibilidade da silagem.

4 CONCLUSÕES

- Ficou evidenciada, no grupo de linhagens avaliadas, a presença de variabilidade genética para os caracteres relacionados à produtividade e qualidade da silagem;
- A degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) foram pouco influenciados pela interação épocas de semeadura x linhagens, ou seja, o comportamento das linhagens para esses dois caracteres foi semelhante nas diferentes épocas de semeadura;
- A herdabilidade estimada entre as linhagens, na média das duas épocas de semeadura, foi variável entre as características, contudo, para a degradabilidade da silagem ela foi superior a 80%, evidenciando a possibilidade de êxito no processo de seleção;
- A alta correlação entre os dois tempos de incubação, utilizados para avaliar a DISMS, indicam a possibilidade de se avaliar a DISMS no tempo de 24 horas, o que permitirá, em trabalhos futuros, maior eficiência e rapidez nas avaliações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M. S.; O'NEIL, K. A.; MAIN, D. G.; BECK, J. Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage. **Journal Dairy Science**, Cambridge, v. 74, p. 221, Aug. 1991. Supplement, 1.
- ARGILLIER, O.; MÉCHIN, V.; BARRIÈRE, Y. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p. 1596-1600, Nov./Dec. 2000.
- BARRIÈRE, Y.; TRAINÉAU, R.; EMILE, J. C. Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. **Euphytica**, Wageningen, v. 59, n. 1, p. 61-72, Nov. 1991.
- BEEGLY, H. H. **The effect of cell wall constituents in determining resistance of maize to the European corn borer**. 1990. Thesis (Ph. D.) - University of Wisconsin, Madison.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normas Climatológicas 1961-1990**. Brasília: MARA, 1992. 84 p.
- COORS, J. G. Findings of the Wisconsin corn silage consortium. In: SEEDS OF ANIMAL NUTRITION SYMPOSIUM, 1996, Johnston. **Proceedings...** Johnston, 1996.
- COORS, J. G.; CARTER, P. R.; HUNTER, R. B. Silage corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 305-340.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FONSECA, A. H. **Características químicas e agronômicas associadas à degradabilidade da silagem de milho**. 2000. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- GOMES, M. S. de; VON PINHO, R. G.; OLIVEIRA, J. S.; RAMALHO, M. A. P.; VIANA, A. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 83-90, maio/ago. 2002.

- GOMES, M. S. de; VON PINHO, R. G.; OLIVEIRA, J. S.; VIANA, A. C. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem: parâmetros genéticos e interação genótipos por ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. CD-ROM (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).
- HUNT, C. W.; KEZAR, W.; VINANDE, R. Yield chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. **Journal of Production in Agriculture**, Madison, v. 5 n. 2, p. 286, Apr./June 1992.
- JOHNSON, J. R.; MONSON, W. G.; PETTIGREW, W. T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. **Nutrition Reports International**, Woburn, v. 32, n. 4, p. 953-958, 1985.
- KEPLIN, L. A. S.; SANTOS, I. R. **Silagem de milho**. Braskalb Agropecuária Brasileira, 1996. 46 p.
- MAHANNA, W. C. Genetic selection for forage nutritional quality. In: **Quality forage and ruminants**: proceedings. Ontario: Ministry of Agriculture and Food / Guelph & Borckville, 1994.
- MELO, W. M. C.; VON PINHO, R. G.; FONSECA, A. H. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 3139, jan./mar. 1999.
- OLIVEIRA, J. S. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 1, p. 161-163.
- OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P. de; CRUZ C. D.; PEREIRA, A. V.; LOPES, F. C. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 230-234, mar./abr. 1999.
- PENATI, M. A. **Relação de alguns parâmetros agronômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zea mays* L.) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca da planta**. 1995. 97p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PEREIRA, M. N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfafa or cereal by products.** 1997. 186 p. Thesis (Ph. D) - University of Winconsin, Madison.

PRADA E SILVA, L. F. **Avaliação de características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho para silagem.** 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

RAMALHO, A. R. **Comportamento de famílias de meios irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho.** 1999. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade federal de Lavras, Lavras, MG.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas:** aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, P. J.; LEWIS, J. B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem.** 2001. 86 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WOLF, D. P.; COORS, J. G.; ALBRECHT, K. A.; UNDERSANDER, D. J.; CARTER, P. R. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1359 - 1365, Nov./Dec. 1993.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DIALÉLICA PARA A DEGRADABILIDADE *IN SITU* DA MATÉRIA SECA DA SILAGEM DE MILHO

RESUMO

GOMES, Maximilian de Souza **Análise dialéctica para a degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho**. 2003. 135 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Uma das melhores formas de se avaliar a qualidade da silagem de uma cultivar de milho é por meio da digestibilidade da planta inteira. A existência de variabilidade genética para esta característica tem sido demonstrada em vários trabalhos. Contudo, há poucas informações sobre o seu controle genético e alternativas de melhoramento que podem ser utilizadas. Considerando a importância da digestibilidade na obtenção de uma silagem de milho de qualidade, esse trabalho visou obter informações sobre o seu controle genético com o intuito de auxiliar futuros programas de melhoramento. Para isto, foram utilizadas 12 linhagens, previamente selecionadas, sendo 6 de maior e 6 de menor digestibilidade, para compor um dialelo parcial 6 x 6 mais as linhagens parentais. As sementes dos híbridos e das respectivas linhagens foram semeadas em área experimental da UFLA, em 2 épocas de semeadura (04/11/2001 e 11/12/2001). Para cada época foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos, e um experimento DBC com 3 repetições, para as linhagens. No estádio de meia linha de leite dos grãos, procedeu-se a colheita das plantas, que foram trituradas, homogeneizadas e ensiladas em tubo de PVC por 40 dias. Após este período, foi retirada uma amostra, que foi seca em estufa a 55°C até atingir peso constante, sendo triturada para a realização do teste. Para avaliação da digestibilidade das silagens foi utilizada a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), sendo utilizadas 4 vacas fistuladas, em que cada animal recebeu as amostras das parcelas que foram incubadas por 24 horas. Procedeu-se a análise do dialelo utilizando a metodologia de Gardner e Eberhart (1966), adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho e Geraldí (1984), e a metodologia de Griffing (1956), adaptada para dialelo parcial por Geraldí e Miranda Filho (1988). Foi verificado que o atraso na época de semeadura reduziu a degradabilidade da silagem de milho e, conseqüentemente, a sua qualidade. A heterose manifestada foi de baixa magnitude, contribuindo, em média, com menos de 7% para o desempenho dos cruzamentos avaliados. Foi verificada a predominância de efeitos aditivos para a herança da característica em questão. Ficou evidenciado que a melhor estratégia de melhoramento com o objetivo de produzir cultivares de milho para a produção de silagem é por meio

* Comitê de Orientação: Prof. Doutor Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Orientador) e Prof. Doutor Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Co-orientador).

do cruzamento de genitores que possuam alta DISMS de suas silagens e com boa capacidade combinatória para os caracteres, para os quais a heterose apresenta maior importância.

ABSTRACT

GOMES, Maximilian de Souza **Diallel Analysis for in situ dry matter degradability of maize silage.** 2003. 135 p. Thesis (Doctor in Genetics and Plant Breeding) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

One of the best ways to evaluate quality of maize silage is through the digestibility of the whole plant. The existence of genetic variability for this trait has been shown in a number of papers. However, there is little information on its genetic control and breeding alternatives which may be utilized. Considering the importance of digestibility in obtaining a high quality maize silage, this research aimed to obtain information on its genetic control to help future breeding programs. For this purpose, 6 high digestible and 6 low digestible lines were evaluated in a 6 x 6 partial diallel plus the parental lines. Hybrids and lines seeds were sown in the experimental area of UFLA at two sowing times (November and December). For each time an experiment was set up in 6 x 6 triple lattice for the hybrids and a RBD with three replications for the lines. At the hard-dough stage, the plants were harvested grounded, homogenized and ensilaged in PVC tubes for 40 days. After this period, silages were oven-dried at 55C to constant weight, and then grounded to for evaluation of digestibility of the silages, in situ dry matter digestibility (ISDMD). Four fistulated cows were used for the ISDMD test. Each animal was given samples which were incubated for 24 hours. Diallel analysis performed was by Gardner and Eberhart' methodology (1966), adapted to the partial diallel by Miranda Filho and Geraldi (1984) and Griffing' methodology (1956), adapted to the partial diallel by Geraldi and Miranda Filho (1988). Delaying the sowing time reduced maize silage degradability and hence its quality. Realized heterosis was of low magnitude, contributing on average with less than 7% to the performance of crosses. Predominance of additive effects to the inheritance of this trait was verified. It became clear that the best breeding strategy with the objective of producing maize cultivars for silage production is by means of the cross of parents with high ISDMD of their silages and with good combining ability for the characters where heterosis shows greater importance.

* Guidance Committee: Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Major Professor) and Magno Antonio Patto Ramalho.

1 INTRODUÇÃO

A silagem de milho é um excelente alimento para os ruminantes devido a seu alto conteúdo energético. Sua importância é indiscutível tanto para a bovinocultura de leite como de carne, em sistemas que adotam o confinamento, e como suplemento, nos sistemas de produção a pasto. Apesar de ser muito importante, a capacidade de produção de matéria seca de uma cultivar não é suficiente para avaliá-la em seu uso como silagem. É necessária também a determinação da qualidade da matéria seca produzida.

Por um longo tempo, melhoristas e agricultores, com o objetivo de produzir uma silagem de qualidade, assumiram que uma boa cultivar de milho para produção de grãos, era adequada também para produção de silagem, devido à maior digestibilidade do grão em relação ao restante da planta. No entanto, Coors (1996) e Oliveira et al. (1997) mostraram não haver correlação entre a porcentagem de grãos e a digestibilidade da parte vegetativa (haste mais folhas) da silagem de milho.

Uma das formas de se avaliar a qualidade da silagem de uma cultivar de milho para silagem é por meio da digestibilidade da planta inteira, uma vez que, teoricamente, uma amostra do material analisado combina o percentual e a qualidade de suas diferentes partes (Oliveira et al., 1997).

A existência de variabilidade genética para a digestibilidade da silagem de milho tem sido demonstrada em vários trabalhos, por meio de testes *in vitro*, *in vivo* e *in situ* (Argillier & Barrière, 1996; Fonseca, 2000 e Gomes et al., 2001). Contudo, há poucas informações sobre o seu controle genético e alternativas de melhoramento que podem ser utilizadas.

Uma técnica que possibilita obter informações sobre o controle genético dos caracteres é a de cruzamentos dialélicos. Este método auxilia também na

escolha de genitores com base na capacidade de combinação, sendo de utilidade para os programas de melhoramento (Veiga, 1998).

Considerando a importância da digestibilidade na obtenção de uma silagem de milho de qualidade, esse trabalho visou obter informações sobre o seu controle genético, com o intuito de orientar futuros programas de melhoramento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir da avaliação da degradabilidade *in situ* de 36 linhagens tomadas ao acaso do programa de melhoramento da empresa GeneSeeds - Recursos Genéticos em Milho Ltda, foi realizada uma seleção com base nos resultados da degradabilidade no tempo de 24 horas de incubação (Capítulo 2). Foram selecionadas 12 linhagens, sendo 6 de maior (Grupo 1) e 6 de menor digestibilidade (Grupo 2) (Tabela 1).

Tabela 1. Características das linhagens utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 2003.

	Linhagem	Ciclo	Tipo de grão	Cor do grão	DISMS 24H (%)
Grupo 1	GNS 019	Precoce	Semidentado	Laranja	55,4
	GNS 041	Normal	Semiduro	Laranja	55,2
	GNS 057	Precoce	Semidentado	Amarelo	53,8
	GNS 063	Precoce	Duro	Laranja	53,8
	GNS 066	Precoce	Duro	Laranja	55,8
	GNS 076	Precoce	Duro	Laranja	53,6
Grupo 2	GNS 029	Normal	Semiduro	Laranja	48,9
	GNS 030	Precoce	Duro	Laranja	44,7
	GNS 042	Precoce	Semiduro	Laranja	45,6
	GNS 065	Precoce	Duro	Laranja	48,6
	GNS 079	Normal	Dentado	Amarelo	48,7
	GNS 083	Normal	Semidentado	Laranja	48,6

2.1 Obtenção dos híbridos

Foi instalado um campo isolado para obtenção das combinações híbridas. Este campo foi composto de 21 fileiras de sete metros de comprimento para cada linhagem, sendo semeado em três épocas diferentes para garantir a coincidência no florescimento. A primeira semeadura foi realizada no dia 28/12/2000, e as duas semeaduras seguintes em intervalos de 4 e 8 dias, após a primeira. Os cruzamentos foram realizados seguindo o esquema de dialelo parcial, sendo o primeiro grupo de genitores (G 1), constituído pelas linhagens de maior digestibilidade e o segundo (G 2), pelas de menor, obtendo-se 36 híbridos.

2.2 Instalação e condução dos experimentos de campo

As sementes dos trinta e seis híbridos do dialelo e das respectivas linhagens parentais foram semeadas em área experimental da UFLA, Lavras – MG, em duas épocas de semeadura, 04/11/2001 e 11/12/2001. Para cada época de semeadura foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos, e um experimento, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, para as doze linhagens parentais. Os blocos de cada experimento por época de semeadura foram colocados de forma intercalada, ou seja, foi colocado um bloco do látice com os híbridos, seguido de um bloco das linhagens, procurando-se, assim, evitar a competição entre híbridos e linhagens.

As parcelas foram constituídas de 2 linhas de 5 metros, espaçadas de 0,8 metros e com uma densidade de 60000 plantas por hectare. No momento da semeadura, foram aplicados, em ambos os experimentos, 400 kg. ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 0,5% de Zn. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira adubação de cobertura com a aplicação de 300 kg. ha⁻¹ da formulação 20-00-20. A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram entre oito e nove folhas, com a aplicação

de 130 kg. ha⁻¹ de uréia. Foi realizado também a aplicação de adubação foliar com o produto comercial Arrank da Quimifol[®] aos 30 dias após semeadura, na dosagem de 2 litros. ha⁻¹. Os tratos culturais realizados nas duas épocas de semeadura, bem como o combate de pragas, foram executados nas épocas adequadas, de acordo com as necessidades da cultura.

2.3 Confeção da silagem e determinação da degradabilidade *in situ*

Para a confecção da silagem, as plantas de uma das duas linhas das parcelas foram colhidas, cortando-as a 20 cm do solo, quando os grãos das espigas de cada linhagem ou híbrido apresentavam-se no ponto denominado de meia linha de leite dos grãos (Fancelli & Dourado Neto, 2000), com a porcentagem de matéria seca entre 30 e 40%. Na seqüência, as plantas foram trituradas em picadeira e homogeneizadas para a retirada da amostra a ser ensilada. Essa amostra, de mais ou menos 2 kg, foi ensilada em silos experimentais de PVC, cilíndrico, com aproximadamente 45 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Após 40 dias, a silagem foi retirada e misturada e em seguida retiraram-se 900 gramas de amostra, que foram secos em estufa a 55° C até atingirem peso constante. Logo após a secagem, essa amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 5mm para a condução do ensaio de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS).

A degradabilidade *in situ* das silagens foi realizada segundo a metodologia descrita por Pereira (1997). Essas determinações foram efetuadas por meio de incubação ruminal no tempo de 24 horas, utilizando-se saquinhos, sendo que cada animal recebeu todas as amostras da matéria seca das plantas das parcelas dos dois experimentos.

Para a confecção dos saquinhos, foi utilizado um tecido denominado failete ‘poliester’, com dimensões de 9 x 15cm. O fechamento das bordas foi feito por meio de solda obtida com o uso de resistência elétrica (máquina

seladora). Em cada saquinho foram colocadas 5 gramas de amostra seca a 55° C, correspondendo a uma relação de 18,5mg. cm⁻².

Foram utilizadas 4 vacas lactantes da raça Holandesa com cânula ruminal. Não foi necessário um período de adaptação com o objetivo de se obterem boas condições ruminais para a realização da degradabilidade *in situ*, pois os animais já estavam recebendo uma dieta a base de silagem de milho mais concentrado. Durante o tempo de incubação foi mantida a mesma dieta. Os saquinhos foram colocados dentro de um saco de filó com a adição de pesos para mantê-los imersos no rúmen. O número de saquinhos por animal foi de 288 unidades, o que corresponde ao número de parcelas do campo (144) multiplicado pelo número de épocas de semeadura (2).

Após serem retirados do rúmen dos animais, os saquinhos foram imediatamente colocados em água gelada para a paralisação do processo de degradação. Em seguida, foram lavados com leve agitação em sistema de tanque com hélice agitadora, renovando-se a água até a mesma se apresentar transparente. Posteriormente, os saquinhos foram colocados novamente em estufa a 55° C até peso constante, e logo após foram pesados. Pela diferença de peso entre essa pesagem e a efetuada antes de incubar os materiais, determinou-se a quantidade de matéria seca degradada no rúmen, expressa em porcentagem de matéria seca degradável.

2.4 Análise estatística

Os dados obtidos para a degradabilidade *in situ* foram submetidos inicialmente à análise de variância, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + b_{j(k)} + a_k + v_l + (vb)_{ij(k)} + (pa)_{ik} + (av)_{kl} + (pv)_{il} + (pb)_{ij(k)} + (pav)_{ikl} + (pvb)_{ijl(k)} + e_{ijkl},$$

Em que:

Y_{ijkl} : valor observado na parcela experimental que recebeu o tratamento i , no bloco j , dentro da época de semeadura k , na vaca l ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito fixo do tratamento i ($i = 1, 2, 3, \dots, 48$)

$b_{j(k)}$: efeito do bloco j ($j = 1, 2$ e 3), dentro da época de semeadura k ;

a_k : efeito fixo da época de semeadura k ($k = 1, 2$);

v_l : efeito fixo da vaca l ($l = 1, 2, 3, 4$);

$(vb)_{lj(k)}$: efeito da interação da vaca l com o bloco j , dentro da época de semeadura k ;

$(pa)_{ik}$: efeito da interação da época de semeadura k com a linhagem i ;

$(av)_{kl}$: efeito da interação da época de semeadura k com a vaca l ;

$(pv)_{il}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l ;

$(pb)_{ij(k)}$: efeito da interação da linhagem i com o bloco j , dentro da época de semeadura k ;

$(pav)_{ikl}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com a época de semeadura k ;

$(pvb)_{ijl(k)}$: efeito da interação da linhagem i com a vaca l com o bloco j , dentro da época de semeadura k ;

e_{ijklm} : erro experimental médio, tendo $e_{ijkl} \cap N(0, \sigma^2)$.

2.5 Análises dialélicas

Utilizando os resultados médios obtidos com base nas repetições, épocas de semeadura e vacas utilizadas, procedeu-se a análise do dialelo utilizando a metodologia de Gardner & Eberhart (1966), adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho & Geraldi (1984), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha d + 0,5 (v_i + v_j) + \theta (\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}) + e_{ij},$$

Em que:

$i = 0, 1, \dots, 6$ (número de genitores do grupo 1);
 $j = 0, 1, \dots, 6$ (número de genitores do grupo 2);
 u : constante associada ao modelo;
 d : medida da diferença entre médias dos dois grupos;
 v_i : efeito do i -ésimo genitor do grupo 1;
 v_j : efeito do j -ésimo genitor do grupo 2;
 \bar{h} : efeito da heterose média;
 h_i : efeito da heterose atribuída ao i -ésimo genitor do grupo 1;
 h_j : efeito da heterose atribuída ao j -ésimo genitor do grupo 2;
 s_{ij} : efeito da heterose específica resultante do cruzamento entre genitores de ordem i e j , dos grupos 1 e 2, respectivamente.
 e_{ij} : erro experimental.

Se o tratamento refere-se à combinação híbrida, tem-se $\alpha = 0$ e $\theta = 1$. Se o tratamento refere-se ao genitor do grupo 1, tem-se $\alpha = 1$ e $\theta = 0$, e caso o genitor seja do grupo 2, tem-se $\alpha = -1$ e $\theta = 0$.

Foi realizado também a análise dialélica utilizando a metodologia de Griffing (1956), adaptada para o dialelo parcial por Geraldi & Miranda Filho (1988), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + 0,5 (d_i + d_j) + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij},$$

Em que:

Y_{ij} : é a média do cruzamento envolvendo o i -ésimo genitor do G1 e o j -ésimo do genitor do G2;

μ : média geral do dialelo;

d_1, d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do G1;
 g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do G2;
 s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação;
 e_{ij} : erro experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância evidencia, que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV), pode ser considerada boa, sendo o CV inferior a 12%. Ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0,01$) apenas para as fontes de variação épocas de semeadura, vacas, tratamentos e para a interação épocas x vacas (Tabela 2).

Com relação às épocas de semeadura, foi observado diferença expressiva em relação a digestibilidade das linhagens e híbridos, sendo que o atraso acarretou em decréscimo na digestibilidade das silagens (Tabela 3). Para a semeadura realizada em novembro, a DISMS média foi de 51,93%, e para a realizada em dezembro, de 44,98%, ou seja, houve redução de 6,95% com o atraso na semeadura (Tabela 3). O efeito do atraso da época de semeadura na redução da digestibilidade da silagem corrobora os resultados obtidos por Villela (2001), que também observou menor digestibilidade da silagem com o atraso na semeadura. Isto indica que a semeadura do milho para produção de silagem na época recomendada aumenta não só a produtividade de silagem, mas também a qualidade da silagem produzida.

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta, envolvendo as duas épocas de semeadura, para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), considerando quatro vacas e 48 tratamentos (36 híbridos e 12 linhagens). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Blocos/Épocas	4	47,78
Épocas (E)	1	13880,90**
Vacas (V)	3	246,37**
E x V	3	383,38**
Erro 1	12	12,65
Tratamentos (T)	47	274,12**
T x V	141	13,61
T x E	47	45,20
Erro 2	188	31,80
T x V x E	141	13,21
Erro 3	564	13,02
CV 1 (%)		7,34
CV 2 (%)		11,64
CV 3 (%)		7,45
Média		48,46

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

Tabela 3. Médias da degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), obtida por vaca, em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Vacas	Épocas de semeadura		Média
	Novembro	Dezembro	
1	53,38 a	43,42 c	48,40 a
2	52,06 b	45,94 b	49,00 a
3	51,48 b	47,01 a	49,25 a
4	50,78 c	43,57 c	47,18 b
Média	51,93	44,98	48,46

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Na região sudeste do Brasil, onde situa-se o estado de Minas Gerais, a época de semeadura recomendada para a cultura do milho é outubro-novembro (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Alguns trabalhos realizados na região mostram que o atraso na semeadura acarreta perdas expressivas na produção de grãos (Souza, 1989; Avelar et al., 1996 e Gonçalves et al., 1996), bem como na produção de forragem (Ramalho, 1999 e Vilela, 2001). No entanto, o atraso na época de semeadura ainda é um fato comum devido a fatores como atraso do início do período chuvoso, dependência do aluguel de maquinários e implementos e até mesmo por falta de informações dos produtores quanto à época ideal de semeadura.

A diferença observada entre vacas era esperada, uma vez que há variação genotípica entre os animais e, assim sendo, o aproveitamento da silagem não deve ser o mesmo para todas elas. Foi observado também, como comentado anteriormente, significância para a interação épocas x vacas, o que indica que o comportamento das vacas quanto à digestibilidade da silagem não foi coincidente com as épocas de semeadura (Tabela 3).

Constatou-se que o comportamento dos híbridos e linhagens foi semelhante nas duas épocas de semeadura e também com o animal utilizado na avaliação da degradabilidade devido à não significância das interações tratamentos x épocas e tratamentos x vacas (Tabela 2).

Foi verificada concordância no desempenho para a digestibilidade das linhagens avaliadas neste trabalho com os resultados obtidos na avaliação dessas linhagens no ano anterior (Capítulo 2). A única exceção foi a linhagem GNS 029, selecionada para o grupo 2, de menor digestibilidade, que apresentou DISMS equivalente às linhagens GNS 019 e GNS 076, selecionadas para o outro grupo. Para as demais linhagens a diferença se repetiu, prova disso foi a maior

DISMS observada para o grupo de alta digestibilidade, de 49,85%, valor superior aos 42,8% verificados para o grupo de baixa digestibilidade (Tabela 4). Esses resultados, em princípio, mostram que o caráter é pouco influenciado pelo ambiente e também que o efeito da interação é de pequena magnitude.

A média das linhagens parentais foi de 46,3% e dos híbridos de 49,1 %, indicando que houve heterose média percentual de 6,1%. É oportuno enfatizar, contudo, que se forem consideradas apenas as linhagens do Grupo 1, as de maior digestibilidade, o desempenho dos híbridos é bem próximo ao das linhagens. Esse resultado indica que há predominância dos efeitos aditivos no controle desse caráter.

Tabela 4. Média dos 36 híbridos e das 12 linhagens parentais para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, avaliados em duas épocas de semeadura e em quatro vacas. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Genitores	Grupo 2*						Média das linhagens do G1	
	029	030	042	065	079	083		
Grupo 1*	019	46,2 c	46,1 c	44,7 d	49,4 b	48,8 b	50,0 b	45,9 c
	041	49,3 b	47,3 c	47,0 c	53,2 a	53,0 a	51,7 a	53,0 a
	057	50,4 b	48,8 b	46,6 c	50,2 b	51,1 a	51,5 a	50,8 b
	063	48,2 b	50,2 b	45,7 c	51,2 a	51,4 a	50,3 b	50,6 b
	066	49,4 b	48,9 b	49,8 b	53,6 a	50,0 b	52,8 a	51,2 a
	076	48,8 b	45,1 d	43,6 d	51,1 a	46,7 c	46,5 c	47,4 c
							49,1	49,8
Média das linhagens do G2	46,9 c	38,9 f	39,1 f	42,2 e	44,8 d	44,9 d	42,8	46,3

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

* Grupo 1 e grupo 2 referem-se as linhagens selecionadas para maior e menor degradabilidade, respectivamente.

Na análise dialélica utilizando o modelo de Gardner & Eberhart (1966), adaptado para o dialelo parcial por Miranda Filho & Geraldi (1984), observaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) para as fontes parentais do grupo 1, parentais do grupo 2 e entre grupos (Tabela 5). As significâncias observadas para os parentais dos grupos 1 e 2 indicam que existe variação entre as linhagens dentro de cada grupo, como já havia sido constatado anteriormente. O fato mais expressivo é que a média das linhagens do grupo 1 foi 7,04% superior à do grupo 2, evidenciando novamente a eficácia da seleção efetuada no ano anterior (Capítulo 2). Essa diferença média observada de 7,04% entre grupos é um valor expressivo, uma vez que essa diferença resultaria em aproximadamente 70 kg de matéria seca digestível a mais por tonelada de silagem produzida.

O efeito da digestibilidade da forragem fica mais evidente na pesquisa desenvolvida por Johnson (1985), que trabalhando com digestibilidade da matéria orgânica da forragem de milho, estimou que um acréscimo de 2% na digestibilidade pode representar para uma vaca com 600 kg de peso e produção de 25 kg de leite (4% de gordura) por dia, um acréscimo de 596g de leite.

Muito embora a heterose não fosse expressiva, procurou-se detalhar o seu comportamento e verificar quais alternativas teriam os melhoristas para aproveitá-las. Na análise dialélica, foi observada diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a heterose média. A heterose média detecta a diferença entre a média dos parentais e a média de todos os cruzamentos. Isto indica que a DISMS dos híbridos (49,17%) foi superior à DISMS das linhagens (46,33%) e que os desvios de dominância são predominantes no sentido de aumentar a digestibilidade. No entanto, calculando a heterose percentual, verifica-se que a heterose variou de 0 a 14,9%, com valor médio de 6,13% (Tabela 6). Esse valor de heterose pode ser considerado baixo quando comparado aos relatados na literatura para outros caracteres na cultura do milho, como, por exemplo, para

produção de grãos, para a qual têm sido verificados valores de heterose variando de 20,7 a 97,8% (Souza Sobrinho, 2001).

Tabela 5. Resumo da análise conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura para dialelo parcial 6 x 6 para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS). UFLA, Lavras-MG, 2003.

F.V.	GL	QM
Épocas de Semeadura (A)	1	13879,44**
Tratamentos (T)	47	274,08**
Parentais G1	5	476,28**
Parentais G2	5	638,76**
Grupos (G)	1	3567,60**
Heterose (H)	36	103,92**
Heterose Média	1	1727,88**
Het. Par. G1 (H1)	5	25,68
Het. Par. G2 (H2)	5	164,04**
Het. Específica (H 1,2)	25	42,60
T x A	47	45,12
Par. G1 x A	5	11,88
Par. G2 x A	5	31,44
Grupos x A	1	183,00*
H x A	36	47,88*
Het. Média x A	1	3,00
H 1 x A	5	115,20**
H 2 x A	5	28,44
H 1,2 x A	25	40,08
Erro	188	31,8

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F.

Tabela 6. Valores de heterose por híbrido para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, avaliados em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Linhagem	GNS 029	GNS 030	GNS 042	GNS 065	GNS 079	GNS 083	Média
GNS 019	-0,15 (0,0)	3,74 (8,8)	2,25 (5,3)	5,40 (12,2)	3,42 (7,5)	4,55 (10,0)	3,20 (7,3)
GNS 041	-0,64 (0,0)	1,36 (3,0)	0,97 (2,1)	5,62 (11,8)	4,12 (8,4)	2,73 (5,6)	2,36 (5,1)
GNS 057	1,86 (3,2)	4,04 (9,0)	1,67 (3,7)	3,77 (8,1)	3,28 (6,9)	3,67 (7,7)	3,05 (6,4)
GNS 063	-0,59 (0,0)	5,42 (12,1)	0,86 (1,9)	4,82 (10,4)	3,65 (7,6)	2,53 (5,3)	2,78 (6,2)
GNS 066	0,39 (0,8)	3,85 (8,5)	4,76 (10,5)	6,97 (14,9)	2,00 (4,2)	4,77 (9,9)	3,79 (8,1)
GNS 076	1,67 (3,5)	1,93 (4,5)	0,42 (1,0)	6,26 (14,0)	0,59 (1,3)	0,35 (0,8)	1,87 (4,1)
Média	0,42 (1,2)	3,39 (7,6)	1,82 (4,0)	5,47 (11,9)	2,84 (5,9)	3,10 (6,5)	2,83 (6,1)

Valores entre parênteses referem-se as heteroses percentuais.

Outro componente significativo no desdobramento da heterose foi a heterose dos parentais do grupo 2. Isto indica haver variabilidade na manifestação do vigor híbrido apenas entre os genitores deste grupo, em que há maior divergência genética entre as linhagens, como pode ser comprovado por meio da estimativa da repetibilidade obtida a partir do quadrado médio dos parentais deste grupo, de 95%.

A maior variabilidade genética na manifestação da heterose entre as linhagens do grupo 2 em relação às do grupo 1 é evidenciada também pelas maiores estimativas de heterose, tanto positivas quanto negativas (Tabela 7). No grupo 1, as estimativas variaram de -0,96 (GNS 076) a 0,96 (GNS 066). Já no grupo 2, as estimativas variaram de -2,45 (GNS 029) a 2,61 (GNS 065). A linhagem GNS 065, apesar do bom desempenho em combinações híbridas, apresenta um fraco desempenho ‘per se’, como pode ser observado pelas estimativas dos efeitos dos parentais.

Tabela 7. Estimativas do efeito do parental (p_i), heterose do parental (h_i) e capacidade geral de combinação (g_i) para a degradabilidade *in situ* da matéria seca das linhagens parentais do grupo 1 e do grupo 2, avaliadas em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Linhagens	p_i	h_i	g_i
Grupo 1			
GNS 019	-3,91	0,37	-1,58
GNS 041	3,19	-0,47	1,13
GNS 057	0,95	0,14	0,61
GNS 063	0,82	-0,04	0,37
GNS 066	1,36	0,96	1,64
GNS 076	-2,41	-0,96	-2,17
Grupo 2			
GNS 029	4,10	-2,45	-0,40
GNS 030	-3,91	0,56	-1,40
GNS 042	-3,76	-1,01	-2,89
GNS 065	-0,59	2,61	2,32
GNS 079	2,02	0,02	1,03
GNS 083	2,13	0,27	1,34
Desvios das estimativas	5,15	3,64	0,65

Com o intuito de confirmar a predominância dos efeitos aditivos no controle genético da digestibilidade da silagem de milho, também foram avaliadas as capacidades gerais de combinação (CGC) das linhagens, uma vez que a CGC está relacionada aos efeitos aditivos dos genes. Para isso, utilizou-se a metodologia de Griffing (1956), adaptada para o dialelo parcial por Geraldi & Miranda Filho (1988). As capacidades gerais de combinação de ambos os grupos foram significativas ($P \leq 0,01$) e representaram mais de 80% da soma de quadrados dos cruzamentos, evidenciando a maior participação da CGC para a DISMS (Tabela 8).

Analisando a expressão da CGC: $\hat{g}_i = 0,5 p_i + h_i$, verifica-se que ela é dependente não só do efeito do parental, mas também da heterose deste parental. Daí deduz-se que apesar da CGC estar relacionada aos efeitos aditivos, ela é

função também da heterose. No entanto, a heterose mostrou-se homogênea entre os parentais do grupo 1. No grupo 2, em que foi constatado efeito significativo da heterose, este foi devido mais à divergência dos parentais do que à dominância para o caráter em questão. Pode-se deduzir, então, que para a DISMS, a CGC das linhagens depende principalmente do efeito dos parentais, o qual, por sua vez, é proveniente do efeito aditivo dos genes.

Já a capacidade específica de combinação (CEC), que corresponde, na análise de Gardner & Eberhart (1966), à fonte de variação heterose específica e é relacionada aos efeitos não aditivos, foi não significativa, mostrando que os cruzamentos foram homogêneos e exibiram comportamentos esperados, de acordo com a CGC dos seus parentais.

Tabela 8. Resumo da análise conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura para o dialelo dialelo parcial 6 x 6 para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Cruzamentos	35	155,16**
CGC grupo 1	5	335,62**
CGC grupo 2	5	537,59**
CEC	25	42,59
Épocas (E)	1	10234,97**
C x E	35	41,91
CGC 1 x E	5	52,71
CGC 2 x E	5	40,23
CEC x E	25	40,09
Erro	188	31,8

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Os resultados obtidos por meio da avaliação da capacidade de combinação das linhagens estão de acordo com os resultados encontrados por Argillier et al. (2000), que avaliaram linhagens de milho, também em um dialelo parcial, com o objetivo de verificar a possibilidade de se fazer seleção preliminar ao nível de linhagens para caracteres relacionados à digestibilidade da silagem. Os autores verificaram resultados que corroboram os aqui obtidos, como significância das CGC de ambos os grupos e efeito não significativo da CEC, bem como destacaram a CGC como a mais importante fonte de variação de todas as características relacionadas à digestibilidade da silagem. Roth et al. (1970), Dhillon et al. (1990) e Silva (2002) trabalharam com a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e também com lignina, todas características associadas à digestibilidade da silagem, e observaram efeitos significativos tanto para CGC quanto para a CEC; no entanto, os autores também destacam a maior importância da CGC.

Do exposto, fica evidente que nos programas de melhoramento o melhorista deve concentrar a atenção em obter híbridos cada vez mais produtivos e estáveis do que os já existentes. Todavia, sobretudo para regiões em que o uso de silagem é grande, além dos caracteres já mencionados, ele deverá selecionar linhagens com boa digestibilidade e, evidentemente, com alta capacidade de combinação para os demais caracteres. Assim procedendo, o melhorista não só obterá híbridos produtivos como também com boa digestibilidade de sua silagem.

Fica evidente também que é perfeitamente possível conduzir um programa de melhoramento para melhor digestibilidade das linhagens, haja vista que para esse caráter há predominância dos efeitos aditivos. É muito provável que o esforço direcionado na obtenção de linhagens com boa digestibilidade, porém com grande heterose para os demais caracteres, seja a principal estratégia para se obterem, no futuro, híbridos produtivos e com silagem de alta qualidade.

4 CONCLUSÕES

- O atraso na época de semeadura reduz a degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho e, conseqüentemente, a sua qualidade;
- A heterose contribui, em média, com menos de 7% para o desempenho dos cruzamentos avaliados;
- Foi verificada a predominância de efeitos aditivos para a herança da digestibilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho;
- A melhor estratégia de melhoramento com o objetivo de produzir cultivares de milho para a produção de silagem é por meio do cruzamento de genitores que possuam alta DISMS de suas silagens e com boa capacidade combinatória para os caracteres, para os quais a heterose apresenta maior importância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGILLIER, O.; BARRIÈRE, Y. Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize and their changes during the growing season. **Maydica**, Bérghamo, v. 41, n. 1, p. 279-285, 1996.

ARGILLIER, O.; MÉCHIN, V.; BARRIÈRE, Y. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p. 1596-1600, Nov./Dec. 2000.

AVELAR, F. M.; CARVALHO, S. P.; RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P. Interação cultivares de milho x épocas de semeadura para produção de grãos e silagem. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 218, Sept. 1996.

COORS, J. G. Findings of the Wisconsin corn silage consortium. In: SEEDS OF ANIMAL NUTRITION SYMPOSIUM, 1996, Johnston. **Proceedings...** Johnston, 1996.

DHILLON, B. S.; PAUL, Chr.; ZIMMER, E.; GURRATH, P. A.; KLEIN, D.; POLLMER, W. G. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 4, p. 931-936, July/Aug. 1990.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FONSECA, A. H. **Características químicas e agrônômicas associadas à degradabilidade da silagem de milho**. 2000. 93 p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavra, MG.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 3, p. 439-452, Sept. 1966.

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 419-430, June 1988.

- GOMES, M. S. de; VON PINHO, R. G.; OLIVEIRA, J. S.; VIANA, A. C. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem: parâmetros genéticos e interação genótipos por ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais**. . . Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. CD-ROM (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).
- GONÇALVES, G. A.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Seleção de famílias de meios irmãos de milho em três épocas de semeadura visando produção de silagem. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 218, Sept. 1996.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956
- JOHNSON, J. R.; MONSON, W. G.; PETTIGREW, W. T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. **Nutrition Reports International**, Woburn, v. 32, n. 4, p. 953-958, 1985.
- MIRANDA FILHO, J. B.; GERALDI, I. O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 677-688, Sept. 1984.
- OLIVEIRA, J. S. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 1, p. 161-163.
- PEREIRA, M. N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfafa or cereal by products**. 1997. 186 p. Tese (Doutorado) - Madison: University of Winconsin, Madison.
- RAMALHO, A. R. **Comportamento de famílias de meios irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho**. 1999. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ROTH, L. S.; MARTEN, G. C.; COMPTON, W. A.; STUTHMAN, D. D. Genetic variation for quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. **Crop Science**, Madison, v. 10, n. 4, p. 365-367, July/Aug. 1970.

SILVA, P. C. Seleção recorrente recíproca e cruzamentos dialélicos em milho (*Zea mays* L.) para a obtenção e avaliação de híbridos forrageiros. 2002. 92 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

SOUZA, F. R. S. Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. 1989. 80 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA SOBRINHO, F. Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho. 2001. 96 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VEIGA, R. D. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores, avaliada com simulação de dados. 1998. 95p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VILLELA, T. E. A. Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem. 2001. 86 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAPÍTULO 4

ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO ENVOLVENDO VÁRIOS CARACTERES, VISANDO A PRODUÇÃO DE SILAGEM

RESUMO

GOMES, Maximilian de Souza **Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres, visando a produção de silagem.** 2003. 135 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A busca de alternativas para a seleção de híbridos de milho envolvendo simultaneamente vários caracteres é desejável em qualquer programa de melhoramento. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar a heterose e os efeitos dos genitores por meio da análise dialélica multivariada, bem como utilizar metodologias que auxiliam na discriminação dos híbridos superiores com base na seleção em vários caracteres. Foram utilizadas 12 linhagens, previamente selecionadas, sendo 6 de maior e 6 de menor digestibilidade, para compor um dialelo parcial 6 x 6 mais as linhagens parentais. As sementes dos 36 híbridos e das respectivas linhagens foram semeadas em área experimental da UFLA, em 2 épocas de semeadura (04/11/2001 e 11/12/2001). Para cada época foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos, e um experimento no delineamento de blocos casualizados com 3 repetições, para as 12 linhagens. Foram avaliadas a produtividade de matéria seca, a produtividade de grãos, a degradabilidade *in situ* da matéria seca e a porcentagem de fibra em detergente neutro. A partir dessas quatro características, foi realizada a análise dialélica multivariada, bem como foi aplicado um índice de seleção não paramétrico denominado de método gráfico, sendo utilizados para este índice apenas os híbridos do dialelo. Foi observado que a análise dialélica multivariada propicia resultados semelhantes aos das análises dialélicas univariadas. Foi constatada também, pela análise dialélica multivariada, a importância da heterose, bem como dos efeitos dos genitores, quando se avaliam vários caracteres simultaneamente, relacionados com a produção de silagem de milho. O híbrido GNS 041 x GNS 079 associa boas estimativas de capacidade específica de combinação para todas as características avaliadas, bem como o melhor desempenho pelo método gráfico de seleção de cultivares, sendo um híbrido promissor para a produção de silagem. O método gráfico para a escolha de cultivares considerando vários caracteres simultaneamente é uma boa opção para complementar a análise dialélica multivariada.

* Comitê de Orientação: Prof. Doutor Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Orientador) e Prof. Doutor Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

GOMES, Maximilian de Souza **Alternatives for maize selection hybrids involving several traits for silage production**. 2003. 135 p. Thesis (Doctor in Genetics and Plant Breeding) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Searching of alternatives for selection of maize hybrids involving simultaneously several traits is desirable in any breeding program. This work was conducted to estimate heterosis and the effects of parents by means of multivariate diallel analysis as well as to use methodologies which help in distinguishing superior hybrids on the basis of selection for several characters. For this purpose, 6 high digestible and 6 low digestible lines were used in a 6 x 6 partial diallel plus the parental lines. Seeds from 36 hybrids and parental lines were sown in the experimental area of UFLA in two sowing seasons (November 4 2001 and December 11 2001). For each season, 6 x 6 triple lattice, was set up for the hybrids and a randomized block design with three replications for the 12 lines. Dry matter yield, grain yield, *in situ* dry matter degradability and percentage of neutral detergent fiber were evaluated. From these four traits, multivariate diallel analysis was performed as well as a non-parametric selection index called the graphic method was applied. Only the hybrids of the diallel were used for this index. It was observed that multivariate diallel analysis results were similar to those of univariate diallel analyses. It was found also, by multivariate diallel analysis, the importance of heterosis as well as the effects of parents, in evaluating several characters simultaneously for maize silage production. The hybrid GNS 041 x GNS 079 associated good estimates of specific combining ability for traits, as well as the best performance by the graphic selection method. This hybrid has the potential to be used commercially for silage production. The graphic method for choosing cultivars considering a number of traits simultaneously is a good option for complementing multivariate diallel analysis.

* Guidance Committee: Renzo Garcia Von Pinho – UFLA (Major Professor) and Magno Antonio Patto Ramalho.

1 INTRODUÇÃO

Com a tendência de os sistemas de produção de leite e de carne se tornarem mais produtivos e eficientes para poderem se manter viáveis, é extremamente importante maximizar a produtividade das lavouras e o valor nutritivo da forrageira a ser ensilada. O milho é a principal cultura utilizada para confecção de silagem e o melhoramento com o objetivo de produzir uma cultivar para esse fim deve estar voltado tanto para características agrônômicas como para a qualidade da silagem produzida.

No melhoramento de plantas, a hibridação das cultivares, linhagens e populações representa um dos pontos fundamentais, pois possibilita a combinação de alelos favoráveis, que estão em genitores diferentes, com o intuito de produzir novas cultivares adaptadas. Uma das dificuldades encontradas pelo melhorista se refere à escolha de genitores promissores para serem usados em um programa de hibridação. Dentre as técnicas que auxiliam na escolha de genitores, os cruzamentos dialélicos tem sido largamente utilizados por melhoristas porque possibilita a obtenção de informações de um grupo de genitores por considerar sua capacidade de combinação ao formar híbridos.

Apesar de o dialélico ser utilizado para análises univariadas, na obtenção de genitores superiores, normalmente os melhoristas necessitam considerar vários caracteres, simultaneamente, para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos mesmos. Esse é o caso da decisão de seleção de melhores combinações híbridas visando a produção de silagem que depende da produtividade de matéria seca, bem como de características relacionadas à digestibilidade da silagem.

Na literatura já há disponíveis alguns trabalhos que desenvolveram expressões para realização da análise dialélica multivariada (Sakaguti, 1994; Ledo, 2002), os quais, no entanto, ainda não foram utilizadas para a avaliação de

genótipos de milho para a produção de silagem. O objetivo dessa análise é facilitar a execução da seleção com base na combinação de variáveis, o que, especificamente no melhoramento do milho para silagem, auxiliará a discriminar genótipos que associem produtividade e qualidade da silagem.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar a heterose e os efeitos dos genitores por meio da análise dialélica multivariada, bem como utilizar metodologias que auxiliam na discriminação dos híbridos superiores com base na seleção em vários caracteres.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir da avaliação da degradabilidade *in situ* de 36 linhagens tomadas ao acaso do programa de melhoramento da empresa GeneSeeds - Recursos Genéticos em Milho Ltda, foi realizada uma seleção com base nos resultados da degradabilidade no tempo de 24 hs de incubação (Capítulo 2). Foram selecionadas 12 linhagens, sendo 6 de maior (Grupo 1) e 6 de menor digestibilidade (Grupo 2) (Tabela 1).

Tabela 1. Características das linhagens utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 2003.

	Linhagem	Ciclo	Tipo de grão	Cor do grão	DISMS 24H (%)
Grupo 1	GNS 019	Precoce	Semidentado	Laranja	55,4
	GNS 041	Normal	Semiduro	Laranja	55,2
	GNS 057	Precoce	Semidentado	Amarelo	53,8
	GNS 063	Precoce	Duro	Laranja	53,8
	GNS 066	Precoce	Duro	Laranja	55,8
	GNS 076	Precoce	Duro	Laranja	53,6
Grupo 2	GNS 029	Normal	Semiduro	Laranja	48,9
	GNS 030	Precoce	Duro	Laranja	44,7
	GNS 042	Precoce	Semiduro	Laranja	45,6
	GNS 065	Precoce	Duro	Laranja	48,6
	GNS 079	Normal	Dentado	Amarelo	48,7
	GNS 083	Normal	Semidentado	Laranja	48,6

2.1 Obtenção dos híbridos

Foi instalado um campo isolado para obtenção das combinações híbridas. Este campo foi composto de 21 fileiras de sete metros de comprimento para cada linhagem, sendo semeado em três épocas diferentes para garantir a coincidência no florescimento. A primeira semeadura foi realizada no dia 28/12/2000, e as duas semeaduras seguintes em intervalos de 4 e 8 dias após a primeira. Os cruzamentos foram realizados seguindo o esquema de dialelo parcial, sendo o primeiro grupo de genitores (G 1), constituído pelas linhagens de maior digestibilidade e o segundo (G 2), pelas de menor, obtendo-se 36 híbridos.

2.2 Instalação e condução dos experimentos de campo

As sementes dos trinta e seis híbridos do dialelo e das respectivas linhagens parentais foram semeadas em área experimental da UFLA, Lavras – MG, em duas épocas de semeadura, 04/11/2001 e 11/12/2001. Para cada época de semeadura foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos, e um experimento, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, para as doze linhagens parentais. Os blocos de cada experimento por época de semeadura foram colocados de forma intercalada, ou seja, foi colocado um bloco do látice com os híbridos, seguido de um bloco das linhagens, procurando-se, assim, evitar a competição entre híbridos e linhagens.

As parcelas foram constituídas de 2 linhas de 5 metros, espaçadas de 0,8 metros e com uma densidade de 60000 plantas por hectare. No momento da semeadura foram aplicados, em ambos os experimentos, 400 kg. ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 0,5% de Zn. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira adubação de cobertura com a aplicação de 300 kg. ha⁻¹ da formulação 20-00-20. A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram entre oito e nove folhas, com a aplicação

de 130 kg. ha⁻¹ de uréia. Foi realizado também a aplicação de adubação foliar com o produto comercial Arrank da Quimifol[®] aos 30 dias após sementeira, na dosagem de 2 litros. ha⁻¹. Os tratos culturais realizados nas duas épocas de sementeira, bem como o combate de pragas, foram executados nas épocas adequadas, de acordo com as necessidades da cultura.

2.3 Confeção da silagem

Para a confeção da silagem, as plantas de uma das duas linhas das parcelas foram colhidas, cortando-as a 20 cm do solo, quando os grãos das espigas de cada linhagem ou híbrido apresentavam-se no ponto denominado de meia linha de leite dos grãos (Fancelli & Dourado Neto, 2000), com a porcentagem de matéria seca entre 30 e 40%. Na seqüência, as plantas foram trituradas em picadeira e homogeneizadas para a retirada da amostra a ser ensilada. Essa amostra, de mais ou menos 2 kg, foi ensilada em silos experimentais de PVC, cilíndricos, com aproximadamente 45 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Após 40 dias, a silagem foi retirada e misturada e em seguida retiraram-se 900 gramas de amostra, que foram secos em estufa a 55° C até atingirem peso constante. Logo após a secagem, essa amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 5mm para a condução do ensaio de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS).

2.4 Características Avaliadas

Produtividade de matéria seca (MS): obtida em kg ha⁻¹, a partir da pesagem das plantas de uma linha da parcela no momento da colheita para a ensilagem, com posterior correção do peso, após obtenção do teor de matéria seca das amostras de cada parcela (AACC, 1976);

Degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS): realizada segundo a metodologia descrita por Pereira (1997), conforme detalhada nos capítulos 2 e 3.

Porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN): obtida segundo metodologia descrita por Van Soest et al. (1991).

Produtividade de grãos (PG): obtida a partir da pesagem dos grãos debulhados em uma linha da parcela. Os dados foram transformados para kg ha⁻¹ e corrigidos para a umidade de 13%.

2.5 Análises Estatísticas

Para os experimentos em que foram avaliadas as doze linhagens parentais, inicialmente foram realizadas análises de variância univariadas por época de semeadura, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij},$$

Em que:

y_{ij} : valor médio da parcela que recebeu a linhagem i , no bloco j ;

m : efeito da média geral;

b_j : efeito do bloco j , sendo $j = 1, 2, 3$;

t_i : efeito da linhagem i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

e_{ij} : erro experimental.

Após verificada a homogeneidade da variância residual, procedeu-se a análise de variância conjunta (Ramalho et al., 2000), envolvendo as duas épocas de semeadura. O modelo estatístico foi dado por:

$$y_{ijk} = m + t_i + a_k + (ta)_{ik} + r_{j(k)} + e_{ijk},$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela experimental que recebeu a linhagem i , na repetição j , dentro da época de semeadura k ;

m: média geral do experimento;

t_i : efeito da linhagem i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

a_k : efeito da época de semeadura k , sendo $k = 1, 2$;

$(ta)_{ik}$: efeito da interação da linhagem i com a época de semeadura k ;

$r_{j(k)}$: efeito da repetição j ($j = 1, 2, 3$), dentro da época de semeadura k ;

e_{ijk} : erro experimental.

Para os experimentos em que foram avaliados os 36 híbridos, também foram realizadas as análises de variância univariadas por época de semeadura, segundo o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = m + b_{j(l)} + r_l + t_i + e_{ij},$$

Em que:

y_{ij} : valor médio da parcela que recebeu o híbrido i , no bloco j ;

m: efeito da média geral;

b_j : efeito do bloco j , sendo $j = 1, 2, \dots, 6$, dentro da repetição l ;

r_l : efeito da repetição l , sendo $l = 1, 2$ e 3 ;

t_i : efeito do híbrido i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 36$;

e_{ij} : erro experimental

Após verificada a homogeneidade da variância residual, procedeu-se a análise de variância conjunta (Ramalho et al., 2000), envolvendo as duas épocas de semeadura. O modelo estatístico foi dado por:

$$y_{ijl} = m + t_i + a_k + (ta)_{ik} + r_{j(k)} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela experimental que recebeu o híbrido i , na repetição j , dentro da época de semeadura k ;

m: média geral do experimento;

t_i : efeito do híbrido i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 36$;

a_k : efeito da época de semeadura k , sendo $k = 1, 2$;

$(ta)_{ik}$: efeito da interação do híbrido i com a época de semeadura k;

$r_{j(k)}$: efeito da repetição j (j = 1, 2, 3), dentro da a época de semeadura k;

e_{ijk} : erro experimental.

Posteriormente, com o objetivo de se obter o erro experimental multivariado, foi realizada a análise de variância multivariada considerando simultaneamente as quatro variáveis avaliadas e as duas épocas de semeadura, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijl}^{(t)} = m^{(t)} + t_i^{(t)} + a_k^{(t)} + (ta)_{ik}^{(t)} + r_{j(k)}^{(t)} + e_{ijk}^{(t)}$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela experimental que recebeu o tratamento i, na repetição j, dentro da época de semeadura k, para a variável t, sendo t = 1, 2, 3, 4;

m: média geral do experimento, para a variável t;

t_i : efeito tratamento i, sendo i = 1, 2, 3, ...48, para a variável t;

a_k : efeito da época de semeadura k, sendo k = 1, 2, para a variável t;

$(ta)_{ik}$: efeito da interação do tratamento i com a época de semeadura k, para a variável t;

$r_{j(k)}$: efeito da repetição j (j = 1, 2, 3), dentro da a época de semeadura k, para a variável t;

e_{ijk} : erro experimental para a variável t.

2.6 Análises dialélicas

Utilizando os resultados médios obtidos com base nas repetições, épocas de semeadura, e no caso da degradabilidade *in situ* da matéria seca, vacas, procedeu-se a análise do dialelo para cada variável, segundo a metodologia de Gardner & Eberhart (1966), adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho & Geraldi (1984). Para a realização das análises dialélicas, devido à avaliação das

linhagens em experimentos separados dos híbridos, foram obtidos, para as características produtividade de matéria seca e de grãos, erros ponderados de acordo com os graus de liberdade do erro das linhagens e dos híbridos. O modelo utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = u + \alpha d + 0,5 (v_i + v_j) + \theta (\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}) + e_{ij}$$

Em que:

$i = 0, 1, \dots, 6$ (número de genitores do grupo 1);

$j = 0, 1, \dots, 6$ (número de genitores do grupo 2);

u : constante associada ao modelo;

d : medida da diferença entre médias dos dois grupos;

v_i : efeito do i -ésimo genitor do grupo 1;

v_j : efeito do j -ésimo genitor do grupo 2;

\bar{h} : efeito da heterose média;

h_i : efeito da heterose atribuída ao i -ésimo genitor do grupo 1;

h_j : efeito da heterose atribuída ao j -ésimo genitor do grupo 2;

s_{ij} : efeito da heterose específica resultante do cruzamento entre genitores de ordem i e j , dos grupos 1 e 2, respectivamente.

e_{ij} : erro experimental.

Se o tratamento refere-se à combinação híbrida, tem-se $\alpha = 0$ e $\theta = 1$. Se o tratamento refere-se ao genitor do grupo 1, tem-se $\alpha = 1$ e $\theta = 0$, e caso o genitor seja do grupo 2, tem-se $\alpha = -1$ e $\theta = 0$.

Para a análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos, foram utilizadas as expressões desenvolvidas por Ledo (2002), para o modelo proposto por Gardner & Eberhart (1966), incluindo, neste modelo, novas fontes de variação por se tratar de dialelo parcial adaptado por Miranda Filho & Geraldi (1984), bem como as fontes de variação devido às interações com as duas épocas de semeadura.

Para aplicação dos testes multivariados para hipótese de igualdade dos efeitos do modelo, foi utilizado o critério de Wilks, aproximado pela distribuição de F (Ledo, 2002).

2.7 Índice de seleção não paramétrico

A partir dos dados médios das quatro características avaliadas nas duas épocas de semeadura para os trinta e seis híbridos avaliados no dialelo parcial, foi aplicado um índice de seleção não paramétrico denominado de método gráfico.

Para a aplicação dessa metodologia, inicialmente as variáveis foram padronizadas, uma vez que elas possuem unidades e magnitudes diferentes. Para isto foi obtida a estimativa de Z pela seguinte expressão:

$$Z = \frac{(x - m)}{s}$$

Em que:

x: média do híbrido;

m: média geral do experimento;

s: desvio padrão do caráter em apreço.

Posteriormente, com os dados padronizados, foi montado um gráfico com quatro semi-eixos para cada híbrido avaliado, em que cada um dos semi-eixos representa uma das características avaliadas.

Obtiveram-se também, como alternativa de avaliação dos híbridos a partir dos dados padronizados, a soma das quatro características avaliadas e a estimativa de variância desses dados, que foram calculados por híbrido. Os valores obtidos foram expostos em uma tabela para facilitar a seleção dos híbridos com maior somatório e, simultaneamente, a menor variância possível.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância univariadas para o dialelo parcial estão apresentados no anexo (Tabela 7 A). Foi constatado, para todas as variáveis, efeito significativo ($P \leq 0,05$) para épocas de semeadura, tratamentos, entre genitores dos grupos G1 e G2 para heterose, com exceção das fontes de variação grupos para a produtividade de matéria seca, e entre genitores dos grupos G1 e G2 para a porcentagem de fibra em detergente neutro.

Quanto ao desdobramento da heterose, bem como às interações com as épocas de semeadura, as significâncias variaram entre as características. As características relacionadas à qualidade da silagem, como a degradabilidade *in situ* da matéria seca e FDN, apresentaram poucas fontes de variação com efeito significativo.

A análise de variância para a extensão multivariada do modelo de análise dialélica proposta por Gardner & Eberhart (1966) adaptada por Miranda Filho & Geraldi (1984) está apresentada na tabela 2. Foi observada pelo critério de Wilks, utilizando a aproximação de F, a rejeição da hipótese de igualdade dos efeitos das épocas de semeadura e dos tratamentos ($P \leq 0,01$). Desdobrando o efeito de tratamentos, observou-se que os genitores não são homogêneos dentro de cada grupo e que há diferença significativa entre os grupos de linhagens avaliadas. Foi verificada também a manifestação da heterose para as variáveis estudadas. Desdobrando o efeito da heterose, verificou-se que ela não foi a mesma para todos os genitores, sendo essa diferença causada pela heterose média, pela heterose dos parentais do grupo 1 (G1) e do grupo 2 (G2) e pela heterose específica.

Em relação às interações das fontes de variação com as épocas de semeadura, foram detectadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) para todas elas,

com exceção das interações entre grupos x épocas e heteroses dos parentais do G2 x épocas.

Tabela 2. Resumo da análise multivariada do dialelo parcial 6 x 6, com a estatística de Wilks (Λ) por fonte de variação, aproximação de F (F) e graus de liberdade utilizados para o teste de F (v_1 e v_2). UFLA, Lavras-MG, 2003.

FV	Λ	F	v_1	v_2	P > F*
Épocas de Semead. (A)	0,1995	185,58	4	185	0,0000
Tratamentos (T)	0,0086	9,04	188	740	0,0000
Parentais G1	0,2587	15,46	20	615	0,0000
Parentais G2	0,3744	9,26	20	615	0,0000
Grupos (G)	0,5969	31,23	4	185	0,0000
Heterose (H)	0,0266	7,63	144	740	0,0000
Heterose Média	0,0639	677,10	4	185	0,0000
Het, Par, G1 (H1)	0,5488	6,09	20	615	0,0000
Het, Par, G2 (H2)	0,6832	3,74	20	615	0,0000
Het, Espec. (H 1,2)	0,4894	1,45	100	735	0,0044
T x A	0,2212	1,81	188	740	0,0000
Par, G1 x A	0,8406	1,65	20	615	0,0372
Par, G2 x A	0,7962	2,18	20	615	0,0022
Grupos x A	0,9656	1,65	4	185	0,1635
H x A	0,3028	1,80	144	740	0,0000
Het, Média x A	0,7268	17,39	4	185	0,0000
H 1 x A	0,8322	1,75	20	615	0,0227
H 2 x A	0,8801	1,21	20	615	0,2389
H 1,2 x A	0,5226	1,31	100	735	0,0294

* probabilidade do teste de F.

Comparando as duas formas de análise (Tabelas 7A e 2), constata-se que a análise de variância multivariada apresentou efeito altamente significativo para as fontes de variação que também apresentaram-se dessa forma nas análises de variância univariadas. A situação contrária também ocorreu, ou seja, para as fontes de variação que apresentaram efeito não significativo nas análises de variância multivariada, foram verificadas, também, baixas significâncias nas análises de variância univariadas. Assim, conclui-se que, de maneira geral, foi observado que a extensão multivariada do modelo de análise do dialelo parcial propiciou resultados semelhantes aos das análises univariadas. Esses resultados também foram verificados por Ledo (2002). Vale ressaltar, no entanto, que a análise multivariada tem a vantagem de permitir a análise e interpretação simultânea de todos os caracteres.

Antes de serem discutidos os resultados referentes às estimativas dos efeitos genéticos do modelo, é necessário salientar que a escolha do método de Gardner & Eberhart (1966) nessa situação foi preferida porque o objetivo foi a seleção de híbridos e essa metodologia possibilita estudo mais detalhado da heterose. Para as características avaliadas, valores positivos das estimativas não só do efeito de genitor, como também das heteroses (média, do genitor e específica), são desejáveis para a produtividade de matéria seca, produtividade de grãos e para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, uma vez que estão relacionados à melhoria na expressão dessas características, o que é favorável. Já para a porcentagem de fibra em detergente neutro, valores negativos das mesmas estimativas são desejáveis, pois estão relacionados à redução da fibra da silagem, o que também é perseguido quando se busca qualidade da silagem (Villela, 2001).

As estimativas dos efeitos do genitor por época de semeadura estão apresentadas no anexo (Tabelas 8A e 9A). As estimativas considerando a média

das duas épocas de semeadura estão apresentadas na tabela 3 e através delas se pode destacar o bom desempenho “per se” da linhagem GNS 057 para a produtividade de MS e PG. Em relação às características relacionadas à digestibilidade da silagem (DISMS e FDN), as linhagens GNS 041 e GNS 066 do grupo 1, bem como a GNS 029 do grupo 2, apresentaram boas performances para ambas as características.

Dentre as linhagens avaliadas, a GNS 057 merece ser destacada por ser a única que associa estimativas positivas para MS, PG e DISMS e estimativa negativa para FDN. Essa é uma condição favorável, pois a referida linhagem mostrou vigor vegetativo e alta produção de grãos, condições desejáveis na escolha de uma linhagem para a produção de híbridos. Adicionalmente, ela manifestou bom desempenho para os caracteres que estão associados à silagem de boa qualidade (DISMS e FDN). Essas características são controladas predominantemente por genes de efeito aditivos (vide Capítulo 2), indicando que os efeitos de dominância contribuem pouco para a variação genética.

Na literatura há resultados que concordam com essas observações (Roth et al., 1970; Dhillon et al., 1990; Silva, 2002). Nessa condição, o bom desempenho “per se” das linhagens torna-se de fundamental importância, pois é necessário combinar duas linhagens com desempenho médio superior para essas características para se ter sucesso na combinação híbrida obtida. Neste contexto, destacam-se as linhagens GNS 041, GNS 066 e GNS 029, com boas performances para tais características.

TABELA 3. Estimativas dos efeitos dos genitores para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Grupo 1	MS	PG	DISMS	FDN
GNS 019	-301,02	-363,58	-3,91	4,87
GNS 041	742,38	-661,03	3,19	-5,68
GNS 057	2238,23	1340,58	0,95	-3,38
GNS 063	47,68	345,88	0,81	3,48
GNS 066	-1799,32	-74,33	1,36	-4,83
GNS 076	-927,97	-587,53	-2,41	3,53
Grupo 2				
GNS 029	143,83	-469,93	4,10	-2,54
GNS 030	-1548,87	721,23	-3,91	-0,04
GNS 042	1960,03	430,28	-3,76	-2,84
GNS 065	-2591,57	-855,78	-0,58	2,85
GNS 079	650,58	236,73	2,02	0,40
GNS 083	1385,98	-62,53	2,12	2,15
Desvio	31,55	21,98	1,16	1,45

A heterose média indica a diferença entre a média dos genitores e a média de todos os cruzamentos. Verificou-se que para todas as características o desempenho médio dos híbridos foi superior ao das linhagens, o que é altamente favorável para o melhoramento do milho visando a produção de silagem (Tabela 4). Os valores percentuais de 94,4 e 181,0 da heterose média refletem bem a importância da heterose em relação aos caracteres MS e PG, respectivamente, bem como o pequeno efeito dela em relação aos caracteres FDN e DISMS, para os quais os valores não ultrapassaram 12%.

Nas tabelas 10A, 11A, 12A, 13A e 14A, no anexo, estão apresentadas as estimativas por época de semeadura para os efeitos da heterose média, da heterose dos genitores dos grupos G1 e G2 e da heterose específica.

TABELA 4. Estimativas dos efeitos das heteroses médias para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

	MS	PG	DISMS	FDN
Heterose média	9506,51	5462,93	2,83	-6,95
Heterose média (%)	94,4	181,0	6,1	-11,4

Quanto às estimativas dos efeitos da heterose dos genitores do grupo 1 e do grupo 2 considerando as duas épocas de semeadura (Tabela 5), observa-se, pelos sinais das mesmas, que nenhuma das linhagens atendeu a todas as características simultaneamente, no entanto, como já comentado, pelos valores da heterose média, em geral tal situação acontece frequentemente. Assim, vale destacar apenas as linhagens GNS 057, GNS 066 e GNS 079, que apresentaram estimativas positivas para MS, PG e DISMS, porém com valores positivos também para FDN. A linhagem GNS 057 apresentou bom desempenho “*per se*” para todas as características avaliadas, e apresentou também uma boa heterose, principalmente para a MS, o que mostra que ela possui uma boa capacidade geral de combinação.

TABELA 5. Estimativas dos efeitos das heteroses dos genitores para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Genitor				
Grupo 1	MS	PG	DISMS	FDN
GNS 019	-2735,48	-1519,52	0,37	-0,89
GNS 041	973,56	746,21	-0,47	2,15
GNS 057	1317,87	193,96	0,14	1,32
GNS 063	151,98	650,53	-0,04	-3,46
GNS 066	1800,67	928,59	0,96	0,83
GNS 076	-1508,58	-999,77	-0,96	0,06
Grupo 2				
GNS 029	-631,29	-186,41	-2,45	0,43
GNS 030	-750,53	-679,28	0,56	0,38
GNS 042	734,66	-398,61	-1,01	4,50
GNS 065	-100,62	296,66	2,61	-2,86
GNS 079	866,56	613,56	0,02	0,37
GNS 083	-118,77	354,09	0,27	-2,08
Desvio	20,36	14,19	0,75	0,93

Em relação à capacidade específica de combinação, apenas três híbridos (41 x 79, 66 x 42 e 76 x 29) apresentaram desvios com sinais favoráveis para todas as características, ou seja, positivo para MS, PG e DISMS e negativo para FDN (Tabela 6). As maiores estimativas para cada característica variaram entre os cruzamentos avaliados; no entanto, o cruzamento GNS 041 x GNS 079 apresentou altas estimativas para produtividade de MS, PG e DISMS, bem como uma das menores estimativas para porcentagem de FDN, indicando que este híbrido associou produtividade e qualidade de silagem, podendo, assim, ser melhor avaliado para posterior recomendação para silagem.

TABELA 6. Estimativas dos efeitos das heteroseres específicas para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Cruzamento	MS	PG	DISMS	FDN
19 x 29	-284,58	-523,53	-0,89	1,67
19 x 30	1169,96	485,11	-0,02	1,52
19 x 42	-1064,43	196,57	0,05	1,10
19 x 65	33,94	44,13	-0,42	-2,04
19 x 79	277,94	-294,92	0,21	0,24
19 x 83	-132,23	92,62	1,08	-2,48
41 x 29	-103,02	-402,03	-0,55	-1,15
41 x 30	723,62	352,61	-1,56	0,05
41 x 42	-1100,07	-1413,88	-0,38	1,43
41 x 65	-777,80	223,72	0,65	-0,06
41 x 79	903,65	702,07	1,74	-2,23
41 x 83	353,63	537,52	0,10	1,97
57 x 29	-641,71	-475,18	1,05	-1,58
57 x 30	35,53	-105,18	0,51	-0,73
57 x 42	1489,09	-53,98	-0,29	-1,49
57 x 65	1383,42	676,08	-2,00	2,22
57 x 79	-608,88	-251,57	0,30	0,15
57 x 83	-1657,46	209,82	0,43	1,43
63 x 29	1260,70	865,35	-0,92	0,69
63 x 30	-952,66	-251,71	2,08	0,49
63 x 42	-78,80	390,15	-0,92	-0,38
63 x 65	-1455,97	-676,64	-0,57	-0,07
63 x 79	-370,32	503,66	0,85	-1,38
63 x 83	1597,05	-830,80	-0,52	0,65
66 x 29	-421,78	34,29	-0,95	0,89
66 x 30	-239,69	-595,97	-0,50	0,49
66 x 42	144,07	1003,29	1,97	-0,38
66 x 65	-84,56	-344,20	0,57	-0,62
66 x 79	-299,66	83,75	-1,80	0,47
66 x 83	901,62	-181,16	0,70	-0,85
76 x 29	190,39	501,10	2,26	-0,52
76 x 30	-736,77	115,14	-0,51	-1,82
76 x 42	610,14	-122,15	-0,44	-0,28
76 x 65	900,97	76,91	1,79	0,57
76 x 79	97,87	-742,99	-1,30	2,76
76 x 83	-1062,61	172,00	-1,80	-0,71
Desvio	28,80	20,06	1,06	1,32

Como pode ser verificado, a análise dialélica multivariada possibilita a análise de várias características simultaneamente, porém, ainda não foram desenvolvidas estimativas multivariadas para o efeito do genitor, bem como das heteroses. Isto ocorre devido a limitações que os modelos dos cálculos dessas estimativas impõem. Assim, opções que auxiliem na recomendação de cultivares com base em várias variáveis podem ser a solução para complementar os resultados da análise dialélica multivariada.

Uma dessas opções é a utilização de índices de seleção (Garcia & Souza Júnior, 1999). A maioria desses índices exigem boas estimativas de variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas e a utilização de pesos econômicos, o que, no caso do milho visando a produção de silagem, pode ser difícil. Uma alternativa é o uso de índices não paramétricos (Garcia & Souza Júnior, 1999). Entre esses índices, uma opção é o método gráfico, que permite uma rápida e fácil identificação dos cultivares de melhor performance. Essa metodologia foi utilizada por algumas empresas de sementes no Brasil e já foi empregada também na cultura do feijoeiro (Marques Júnior et al., 1996).

Para isto é construído um sistema gráfico em que cada variável ocupa um dos semi-eixos. Assim, com pelo menos quatro variáveis, pode-se ter uma perfeita visualização do desempenho da cultivar com relação a todas essas características simultaneamente. Inclusive, são utilizadas as expressões “bola cheia” para a cultivar que têm valores favoráveis para todas as características e “bola murcha” para a cultivar que é deficiente em alguma ou em todas as características.

Assim, foram utilizados os dados médios das duas épocas de semeadura dos trinta e seis híbridos do dialelo parcial, das quatro características avaliadas, que estão apresentadas no anexo (Tabela 15A). Para a aplicação dessa metodologia, o primeiro passo foi padronizar as variáveis, uma vez que elas possuem unidades e magnitudes diferentes.

Um problema que surge é em relação à característica FDN, para a qual valores negativos são desejáveis. Como se trata de híbridos que possuem porcentagem de FDN abaixo da média, ao serem representados graficamente, darão a impressão de ‘bola murcha’, o que não reflete a verdade. Para contornar este problema foi realizado a inversão dos valores de Z para FDN, ou seja, valores negativos passaram a positivos e vice-versa. Deste modo, consegue-se manter a classificação dos valores de Z para essa característica (Tabela 7).

Como Z tem valores positivos e negativos, para facilitar a comparação entre todas as variáveis, simultaneamente, por meio do gráfico, a opção é somar uma constante de modo que todos os valores fiquem positivos (Tabela 8).

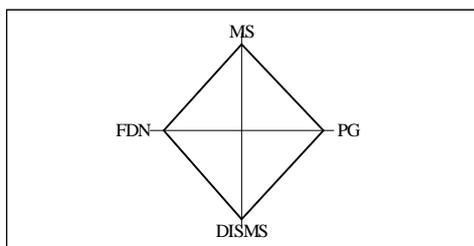
Verificou-se que apenas cinco dos trinta e seis híbridos avaliados possuem desempenho acima da média para as quatro características simultaneamente (Tabelas 7 e 8). Observando a representação gráfica de três dos melhores e três dos piores híbridos (Figura 1), verifica-se que os melhores, no conceito estabelecido são considerados ‘bola cheia’ porque têm desempenho favorável nas quatro características. Já os piores híbridos são considerados ‘bola murcha’ porque foram deficientes em pelo menos uma das quatro variáveis. Como se constata, a decisão pode ser tomada graficamente, envolvendo as quatro variáveis.

TABELA 7. Padronização pela estimativa de Z da produtividade de matéria-seca (Z MS), produtividade de grãos (Z PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (Z DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (Z FDN), e inversão dos valores para a característica FDN (-Z FDN), considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

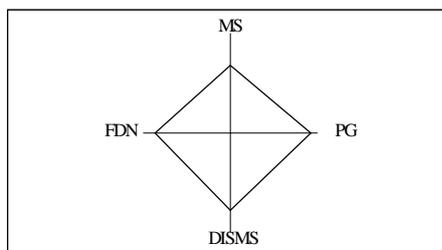
Cruzamento	Z MS	Z PG	Z DISMS	Z FDN	-Z FDN
19 x 29	-1,54	-2,08	-1,12	0,96	-0,96
19 x 30	-1,34	-1,20	-1,18	1,39	-1,39
19 x 42	-0,92	-1,32	-1,73	2,33	-2,33
19 x 65	-1,75	-1,40	0,14	-0,78	0,78
19 x 79	-0,58	-0,99	-0,14	0,66	-0,66
19 x 83	-1,01	-1,01	0,33	-0,78	0,78
41 x 29	0,28	-0,32	0,06	-1,09	1,09
41 x 30	0,22	0,35	-0,73	-0,11	0,11
41 x 42	0,81	-0,93	-0,83	1,55	-1,55
41 x 65	-0,34	0,40	1,61	-0,89	0,89
41 x 79	1,42	1,45	1,54	-1,25	1,25
41 x 83	0,94	1,00	1,00	0,11	-0,11
57 x 29	0,51	-0,03	0,51	-0,72	0,72
57 x 30	0,39	0,35	-0,12	0,11	-0,11
57 x 42	2,33	0,49	-1,00	0,90	-0,90
57 x 65	1,00	1,11	0,37	0,58	-0,58
57 x 79	1,25	1,05	0,77	0,25	-0,25
57 x 83	0,56	1,10	0,93	0,43	-0,43
63 x 29	0,36	0,99	-0,35	-0,76	0,76
63 x 30	-0,95	0,20	0,41	-0,36	0,36
63 x 42	0,75	0,81	-1,36	0,39	-0,39
63 x 65	-1,10	0,01	0,83	-1,31	1,31
63 x 79	0,41	1,61	0,89	-1,33	1,33
63 x 83	0,97	0,25	0,47	-0,85	0,85
66 x 29	-0,03	0,40	0,12	-0,62	0,62
66 x 30	-0,36	-0,02	-0,10	-0,30	0,30
66 x 42	1,14	1,34	0,28	0,46	-0,46
66 x 65	-0,24	0,33	1,79	-1,48	1,48
66 x 79	0,74	1,34	0,33	-0,52	0,52
66 x 83	0,98	0,81	1,46	-1,39	1,39
76 x 29	-0,97	-0,95	-0,12	0,19	-0,19
76 x 30	-1,75	-1,17	-1,59	0,15	-0,15
76 x 42	0,15	-1,25	-2,17	1,88	-1,88
76 x 65	-1,02	-1,06	0,75	0,39	-0,39
76 x 79	-0,28	-1,02	-0,96	1,80	-1,80
76 x 83	-1,02	-0,63	-1,04	0,05	-0,05

TABELA 8. Estimativa de Z adicionadas a uma constante para a produtividade de matéria-seca (Z MS + 3), produtividade de grãos (Z PG + 3), degradabilidade *in situ* da matéria seca (Z DISMS + 3) e porcentagem de fibra em detergente neutro (Z FDN + 3), considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

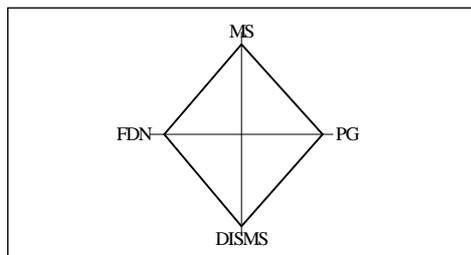
Cruzamento	Z MS + 3	Z PG + 3	Z DISMS + 3	Z FDN + 3
19 x 29	1,46	0,92	1,88	2,04
19 x 30	1,66	1,80	1,82	1,61
19 x 42	2,08	1,68	1,27	0,67
19 x 65	1,25	1,60	3,14	3,78
19 x 79	2,42	2,01	2,86	2,34
19 x 83	1,99	1,99	3,33	3,78
41 x 29	3,28	2,68	3,06	4,09
41 x 30	3,22	3,35	2,27	3,11
41 x 42	3,81	2,07	2,17	1,45
41 x 65	2,66	3,40	4,61	3,89
41 x 79	4,42	4,45	4,54	4,25
41 x 83	3,94	4,00	4,00	2,89
57 x 29	3,51	2,97	3,51	3,72
57 x 30	3,39	3,35	2,88	2,89
57 x 42	5,33	3,49	2,00	2,10
57 x 65	4,00	4,11	3,37	2,42
57 x 79	4,25	4,05	3,77	2,75
57 x 83	3,56	4,10	3,93	2,57
63 x 29	3,36	3,99	2,65	3,76
63 x 30	2,05	3,20	3,41	3,36
63 x 42	3,75	3,81	1,64	2,61
63 x 65	1,90	3,01	3,83	4,31
63 x 79	3,41	4,61	3,89	4,33
63 x 83	3,97	3,25	3,47	3,85
66 x 29	2,97	3,40	3,12	3,62
66 x 30	2,64	2,98	2,90	3,30
66 x 42	4,14	4,34	3,28	2,54
66 x 65	2,76	3,33	4,79	4,48
66 x 79	3,74	4,34	3,33	3,52
66 x 83	3,98	3,81	4,46	4,39
76 x 29	2,03	2,05	2,88	2,81
76 x 30	1,25	1,83	1,41	2,85
76 x 42	3,15	1,75	0,83	1,12
76 x 65	1,98	1,94	3,75	2,61
76 x 79	2,72	1,98	2,04	1,20
76 x 83	1,98	2,37	1,96	2,95



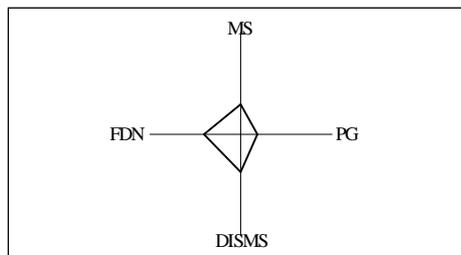
Híbrido 41 x 79



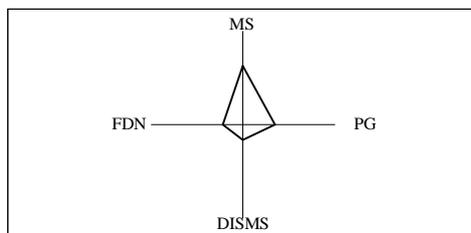
Híbrido 63 x 79



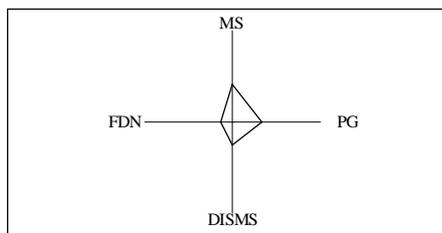
Híbrido 63 x 83



Híbrido 76 x 42



Híbrido 19 x 29



Híbrido 19 x 42

FIGURA 1. Análise gráfica dos híbridos 41 x 79, 63 x 79, 63 x 83, 76 x 42, 19 x 29 e 19 x 42, considerando a produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN).

Uma outra opção que pode ser utilizada para a avaliação dos desempenhos dos híbridos, aproveitando a padronização das variáveis pela estimativa de Z, foi realizada neste trabalho. A partir dos valores de Z para cada variável, obteve-se a soma e também a variância destes dados considerando cada híbrido avaliado (Tabela 9). Assim, combinações híbridas superiores serão aquelas que apresentam simultaneamente maior valor para a soma das variáveis e menor valor para a estimativa de variância, indicando que a boa performance está uniformemente distribuída para todas as características avaliadas.

Nesse contexto, como era esperado, o híbrido 41 x 79 se destacou novamente, apresentando a maior soma e também baixa estimativa de variância, confirmando o que já foi observado na análise gráfica. Alguns híbridos, como 63 x 79, 66 x 65 e 66 x 83, também apresentaram altos valores para a soma das características; no entanto, a maior variância dos dados desses híbridos indica que em pelo menos uma característica esses híbridos foram deficientes. A situação contrária também foi observada, ou seja, o híbrido 19 x 30 apresentou estimativa de variância tão baixa quanto a do 41 x 79; no entanto, o baixo valor do somatório observado para este híbrido indica que ele apresentou um fraco desempenho para todas as características.

TABELA 9. Somatórios e variâncias das estimativas de Z para os trinta e seis híbridos avaliados, considerando a média das duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Cruzamento	Somatório	Variância
19 x 29	6,30	0,25
19 x 30	6,89	0,01
19 x 42	5,70	0,36
19 x 65	9,77	1,48
19 x 79	9,63	0,12
19 x 83	11,10	0,85
41 x 29	13,11	0,35
41 x 30	11,96	0,24
41 x 42	9,50	1,02
41 x 65	14,56	0,68
41 x 79	17,66	0,01
41 x 83	14,83	0,30
57 x 29	13,72	0,10
57 x 30	12,51	0,08
57 x 42	12,91	2,42
57 x 65	13,90	0,60
57 x 79	14,82	0,44
57 x 83	14,14	0,47
63 x 29	13,77	0,35
63 x 30	12,02	0,41
63 x 42	11,80	1,07
63 x 65	13,05	1,12
63 x 79	16,25	0,28
63 x 83	14,53	0,11
66 x 29	13,10	0,08
66 x 30	11,82	0,07
66 x 42	14,30	0,69
66 x 65	15,35	0,91
66 x 79	14,93	0,19
66 x 83	16,64	0,10
76 x 29	9,77	0,22
76 x 30	7,33	0,52
76 x 42	6,85	1,06
76 x 65	10,28	0,71
76 x 79	7,93	0,38
76 x 83	9,27	0,22

4 CONCLUSÕES

A análise dialélica multivariada propicia resultados semelhantes aos das análises dialélicas univariadas, através dos quais se pode verificar a importância da heterose, bem como dos efeitos dos genitores, quando se avaliam vários caracteres, simultaneamente, relacionados com a produção de silagem de milho;

O híbrido GNS 041 x GNS 079 associa boas estimativas de capacidade específica de combinação para todas as características avaliadas, bem como o melhor desempenho pelo método gráfico de seleção de cultivares, podendo ser um híbrido promissor para a produção de silagem;

O método gráfico para a escolha de cultivares considerando vários caracteres simultaneamente é uma boa opção para complementar a análise dialélica multivariada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. A.A.C.C. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 7.ed. St. Paul, 1976. 256p.

DHILLON, B. S.; PAUL, C. H. R.; ZIMMER, E.; GURRATH, P. A.; KLEIN, D.; POLLMER, W. G. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 4, p. 931-936, July/Aug. 1990.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 3, p. 439-452, Sept. 1966.

LEDO, C. A. S. **Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos**. 2002. 126 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de um método gráfico para a escolha de cultivares, considerando vários caracteres do feijoeiro. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 347-349, Sept. 1996.

MIRANDA FILHO, J. B.; GERALDI, I. O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 677-688, Sept. 1984.

PEREIRA, M. N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfafa or cereal by products**. 1997. 186 p. Tese (Doutorado) - University of Winconsin, Madison.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de A **experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

ROTH, L. S.; MARTEN, G. C.; COMPTON, W. A.; STUTHMAN, D. D. Genetic variation for quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. **Crop Science**, Madison, v. 10, n. 4, p. 365-367, July/Aug. 1970.

SAKAGUTI, E. S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamentos dialélicos em coelhos**. 1994. 172 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, P. C. **Seleção recorrente recíproca e cruzamentos dialélicos em milho (*Zea mays* L.) para a obtenção e avaliação de híbridos forrageiros**. 2002. 92 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, P. J.; LEWIS, J. B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem**. 2001. 86 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LISTA DE TABELAS DO ANEXO

Tabela		Página
1A	Resumo das análises de variância referente à avaliação de 36 linhagens para a produtividade de matéria seca (MS) em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.	124
2A	Resumo das análises de variância referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a degradabilidade <i>in situ</i> no tempo de 24 horas (Tempo 24H) e 96 horas (Tempo 96H), considerando duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.	124
3A	Resumo das análises de variância referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a porcentagem de fibra em detergente neutro, considerando duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.	125
4A	Resumo das análises de variância conjunta envolvendo os dois tempos de incubação, referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a degradabilidade <i>in situ</i> em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.	125
5A	Resumo da análise de variância conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura, referente à avaliação de 36 linhagens de milho, para a degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca em dois tempos de incubação (Tempo 24H e 96H). UFLA, Lavras – MG, 2003.	126
6A	Estimativas dos componentes da variância fenotípica (σ^2_i) e genética (σ^2_g) e herdabilidade (h^2) entre linhagens de milho para a degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca (DISMS), produtividade de matéria seca (MS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.	126
7A	Resumo das análises conjuntas envolvendo as duas épocas de semeadura para o dialelo parcial 6 x 6 para a produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PROD), degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.	127

- 8A Estimativas dos efeitos dos genitores referentes à primeira época de semeadura (novembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 128
- 9A Estimativas dos efeitos dos genitores referentes à segunda época de semeadura (dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 128
- 10A Estimativas dos efeitos das heteroses dos genitores referentes à primeira época de semeadura (novembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 129
- 11A Estimativas dos efeitos das heteroses dos genitores referentes à segunda época de semeadura (dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 129
- 12A Estimativas dos efeitos das heteroses específicas referentes à primeira época de semeadura (novembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 130
- 13A Estimativas dos efeitos das heteroses específicas referentes à segunda época de semeadura (dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 131

- 14A Estimativas dos efeitos das heteroses por época de semeadura (novembro e dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003. 132
- 15A Média de produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), de 36 híbridos, considerando duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras – MG, 2003. 133

ANEXOS

TABELA 1A. Resumo das análises de variância referente à avaliação de 36 linhagens para a produtividade de matéria seca (MS), em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM	
		Novembro	Dezembro
Blocos	1	5,19	0,05
Linhagens	35	5,99**	5,62*
Erro	35	2,35	2,61
Total	71		
CV (%)		19,59	19,68
Média (kg/ha)		7,84	8,20

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

TABELA 2A. Resumo das análises de variância referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a degradabilidade *in situ* no tempo de 24 horas (Tempo 24H) e 96 horas (Tempo 96H), considerando duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM			
		Novembro		Dezembro	
		Tempo 24H	Tempo 96H	Tempo 24H	Tempo 96H
Blocos	1	2,32	1,52	24,87	77,25
Vacas (V)	4	539,31**	449,22*	480,59*	563,07**
Erro 1	4	19,63	33,12	35,44	19,14
Linhagens (L)	35	74,11**	85,47**	79,24**	54,85**
Erro 2	35	20,49	23,86	28,59	21,54
L x V	140	15,16	19,31	13,92	17,25
Erro 3	140	14,70	15,31	13,96	19,78
Total	359				
CV (%)		7,38	5,33	7,48	5,87
Média		51,95	74,74	49,97	75,81

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

TABELA 3A. Resumo das análises de variância referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a porcentagem de fibra em detergente neutro, considerando duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM	
		Novembro	Dezembro
Linhasgens	35	31,11**	16,96**
Erro	36	10,28	7,35
Total	71		
CV (%)		6,86	5,34
Média (%)		46,74	50,78

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

TABELA 4A. Resumo das análises de variância conjunta envolvendo os dois tempos de incubação, referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a degradabilidade *in situ* em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM	
		Novembro	Dezembro
Blocos (B)	1	3,79	94,90
Vacas (V)	4	694,84**	889,83**
Erro 1	4	46,24	36,98
Tempos (T)	1	93524,92**	120264,80**
V x T	4	293,69**	153,83
Erro 2	1	0,04	7,23
Linhagens (L)	35	123,78**	108,84
L x V	140	15,54	14,91
L x T	35	35,80	25,24
Erro 3	35	29,13	29,87
L x V x T	140	18,93	16,26
L x V x B	140	11,41	20,54**
L x T x B	35	15,22	20,27
V x T x B	4	6,51	17,60
Erro 4	140	19,16	13,20
Total	719		
CV (%)		6,91	5,78
Média		63,35	62,89

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

TABELA 5A. Resumo da análise de variância conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura, referente à avaliação de 36 linhagens de milho para a degradabilidade *in situ* da matéria seca em dois tempos de incubação (Tempo 24H e 96H). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM	
		Tempo 24H	Tempo 96H
Blocos (Épocas)	2	39,38	13,59
Vacas (V)	4	966,80**	992,98**
Erro 1	8	26,13	27,53
Linhagens (L)	35	116,05**	126,94**
Erro 2	70	22,70	24,54
Épocas (A)	1	206,30**	708,13**
L x A	35	24,26	26,41**
V x A	4	45,48*	26,92
L x V	140	18,84	15,59
L x V x A	140	17,72	13,49
Erro 3	280	17,83	14,33
Total	719		
CV (%)		5,61	7,43
Média		75,28	50,96

TABELA 6A. Estimativas dos componentes da variância fenotípica (σ^2_f) e genética (σ^2_g) e herdabilidade (h^2) entre linhagens de milho para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), produtividade de matéria seca (MS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Parâmetros	Característica							
	DISMS 24H	DISMS 96H	DISMS NOV	DISMS DEZ	MS NOV	MS DEZ	FDN NOV	FDN DEZ
σ^2_g	5,39	4,72	5,15	4,43	1,82	1,51	10,42	4,81
σ^2_f	6,17	5,64	6,02	5,29	3,00	2,81	15,50	8,48
h^2	87,36	83,69	85,55	83,74	60,27	53,74	67,22	56,72

Tabela 7A. Resumo das análises conjuntas envolvendo as duas épocas de semeadura para o dialelo parcial 6 x 6 para a produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PROD), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Fontes de Variação	GL	MS	PROD	DISMS	FDN
Épocas de Semead, (A)	1	70936258,4**	62935785,2**	13879,4**	3773,6**
Tratamentos (T)	47	133279509,3**	42148442,3**	274,0**	99,8**
Parentais G1	5	116293107,8**	36947948,7**	476,2**	156,6*
Parentais G2	5	78635985,6**	5072720,7**	638,7**	33,7
Grupos (G)	1	258984,0	14235380,8**	3567,6**	15,1
Heterose (H)	36	146923124,7**	48795501,7**	103,9**	103,5**
Heterose Média	1	4880181263,3**	1586070328,2**	1727,8**	2609,3**
Het, Par, G1 (H1)	5	45241287,8**	14235388,5**	25,6	57,2
Het, Par, G2 (H2)	5	6556910,1	3211182,7*	164,0**	95,6
Het, Espec, (H 1,2)	25	6002409,4	3333395,1**	42,6	14,1
T x A	47	7716233,3**	2759807,4**	45,1	41,3
Par, G1 x A	5	10628135,6*	4549279,3**	11,8	14,7
Par, G2 x A	5	19584345,7**	4786308,8**	31,4	22,5
Grupos x A	1	4315334,4	3112,5	183,0*	0,1
H x A	36	5757922,8	2306386,0**	47,8*	48,8
Het, Média x A	1	6233885,9	3299897,4	3,0	1217,6**
H 1 x A	5	4948487,0	2190642,7	115,2**	11,5
H 2 x A	5	4118414,3	2676115,6*	28,4	30,8
H 1,2 x A	25	6228673,2	2215848,3**	40,0	13,1
Erro	188	4277958,7	1095798,0	31,8	18,7

* e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

TABELA 8A. Estimativas dos efeitos dos genitores referentes à primeira época de semeadura (novembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Grupo 1	MS	PG	DISMS	FDN
GNS 019	-262,77	-520,67	-6,54	4,93
GNS 041	530,53	-599,77	4,11	-4,97
GNS 057	2022,23	1757,13	1,23	-2,37
GNS 063	-134,47	-37,37	0,43	0,73
GNS 066	-1714,47	-392,67	0,55	-3,77
GNS 076	-441,07	-206,67	0,20	5,43
Grupo 2				
GNS 029	532,55	-185,22	2,79	-1,98
GNS 030	-869,55	641,48	-2,39	1,01
GNS 042	1509,25	415,58	-3,86	-2,58
GNS 065	-2097,45	-1021,52	-0,76	1,32
GNS 079	439,25	308,68	1,97	-2,48
GNS 083	485,55	-159,02	2,24	4,71
Desvio	30,40	21,20	1,11	1,31

TABELA 9A. Estimativas dos efeitos dos genitores referentes à segunda época de semeadura (dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Grupo 1	MS	PG	DISMS	FDN
GNS 019	-339,27	-206,48	-1,32	4,82
GNS 041	954,23	-722,28	2,28	-6,38
GNS 057	2454,23	924,02	0,68	-0,38
GNS 063	229,83	729,12	1,18	6,22
GNS 066	-1884,17	244,02	2,18	-5,88
GNS 076	-1414,87	-968,38	-5,02	1,62
Grupo 2				
GNS 029	-244,88	-754,63	5,45	-3,10
GNS 030	-2228,58	800,97	-5,45	-1,10
GNS 042	2410,82	444,97	-3,65	-3,10
GNS 065	-3085,68	-690,03	-0,45	4,40
GNS 079	861,92	164,77	2,05	3,30
GNS 083	2286,42	33,97	2,05	-0,40
Desvio	32,58	22,68	1,21	1,55

TABELA 10A. Estimativas dos efeitos das heteroses dos genitores referentes à primeira época de semeadura (novembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Grupo 1	MS	PG	DISMS	FDN
GNS 019	-2232,24	-885,79	2,81	-0,93
GNS 041	690,25	242,49	-1,07	2,77
GNS 057	1563,11	71,91	-0,17	1,72
GNS 063	-17,70	594,11	0,31	-2,45
GNS 066	861,68	977,17	0,93	0,28
GNS 076	-865,10	-999,88	-2,92	-1,39
Grupo 2				
GNS 029	221,84	-53,30	-1,30	0,43
GNS 030	-753,03	-622,25	0,26	-1,97
GNS 042	854,17	-292,99	-0,71	5,02
GNS 065	-55,88	667,43	2,62	-1,47
GNS 079	651,41	552,28	-0,17	1,05
GNS 083	-918,51	-251,17	-0,70	-3,07
Desvio	19,62	13,69	0,72	0,84

TABELA 11A. Estimativas dos efeitos das heteroses dos genitores referentes à segunda época de semeadura (dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Grupo 1	MS	PG	DISMS	FDN
GNS 019	-3238,73	-2153,24	-2,03	-0,86
GNS 041	1256,87	1249,94	0,12	1,52
GNS 057	1072,62	316,01	0,42	0,92
GNS 063	321,67	706,96	-0,38	-4,48
GNS 066	2739,65	880,01	0,99	1,38
GNS 076	-2152,07	-999,66	0,89	1,51
Grupo 2				
GNS 029	-1484,43	-319,52	-3,60	0,43
GNS 030	-748,04	-736,30	0,87	2,73
GNS 042	615,14	-504,24	-1,30	3,98
GNS 065	-145,36	-74,12	2,62	-4,25
GNS 079	1081,71	674,83	0,19	-1,79
GNS 083	680,98	959,35	1,21	-1,09
Desvio	21,03	20,70	0,78	1,00

TABELA 12A. Estimativas dos efeitos das heterososes específicas referentes à primeira época de semeadura (novembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Cruzamento	MS	PG	DISMS	FDN
19 x 29	-1007,88	-720,76	-0,44	0,44
19 x 30	1095,54	340,54	1,11	2,04
19 x 42	401,54	-106,77	0,81	0,66
19 x 65	-383,86	924,06	-1,26	-4,11
19 x 79	859,00	-238,89	0,43	2,38
19 x 83	-964,33	-198,19	-0,65	-1,41
41 x 19	150,89	440,21	-0,95	-0,41
41 x 30	493,00	315,51	0,06	-1,31
41 x 42	-1031,20	-1800,81	-0,59	3,31
41 x 65	183,80	396,93	0,19	-0,36
41 x 79	1754,77	185,98	0,06	-1,88
41 x 83	-1551,26	462,18	1,23	0,64
57 x 29	508,57	-565,66	0,11	-0,56
57 x 30	-614,11	-213,66	-1,38	0,34
57 x 42	1125,99	-410,97	0,92	-3,04
57 x 65	267,09	268,56	-1,93	2,69
57 x 79	-951,25	597,91	0,67	-2,03
57 x 83	-336,28	323,81	1,61	2,59
63 x 29	357,14	302,39	1,63	-0,73
63 x 30	-1145,75	-217,81	0,94	-0,63
63 x 42	-958,95	672,18	-1,08	-0,11
63 x 65	-1629,55	-715,79	-1,66	1,53
63 x 79	624,22	741,76	1,23	-2,29
63 x 83	2752,89	-782,74	-1,06	2,23
66 x 29	713,35	348,28	-0,90	3,09
66 x 30	710,17	-101,22	0,55	0,09
66 x 42	-890,13	951,56	0,80	0,21
66 x 65	260,57	-906,21	1,53	-0,66
66 x 79	-1311,96	462,74	-2,61	0,33
66 x 83	518,00	-755,16	0,63	-3,06
76 x 29	-722,06	195,53	0,54	-1,84
76 x 30	-538,85	-123,37	-1,28	-0,54
76 x 42	1352,75	694,81	-0,86	-1,03
76 x 65	1301,95	32,44	3,13	0,91
76 x 79	-974,78	-1749,51	0,22	3,49
76 x 83	-419,01	950,09	-1,76	-0,99
Desvio	27,75	19,35	1,02	1,19

TABELA 13A. Estimativas dos efeitos das heteroses específicas referentes à segunda época de semeadura (dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Cruzamento	MS	PG	DISMS	FDN
19 x 29	438,72	-326,30	-1,34	2,89
19 x 30	1244,38	629,69	-1,16	0,99
19 x 42	-2530,40	499,92	-0,69	1,54
19 x 65	451,75	-835,80	0,39	0,02
19 x 79	-304,32	-350,95	-0,03	-1,89
19 x 83	699,87	383,44	2,84	-3,54
41 x 19	-356,93	-1244,28	-0,19	-1,89
41 x 30	954,23	389,70	-3,21	1,41
41 x 42	-1168,95	-1026,96	-0,14	-0,44
41 x 65	-1739,40	50,52	1,14	0,24
41 x 79	52,53	1218,17	3,42	-2,58
41 x 83	2258,52	612,85	-1,01	3,27
57 x 29	-1791,98	-384,70	2,01	-2,59
57 x 30	685,18	3,29	2,39	-1,79
57 x 42	1852,20	303,02	-1,44	0,06
57 x 65	2499,75	1083,60	-2,06	1,74
57 x 79	-266,52	-1101,05	-0,08	2,32
57 x 83	-2978,63	95,84	-0,81	0,27
63 x 29	2164,27	1428,30	-3,44	2,11
63 x 30	-759,57	-285,61	3,24	1,61
63 x 42	801,35	108,12	-0,79	-0,64
63 x 65	-1282,40	-637,50	0,49	-1,66
63 x 79	-1364,87	265,55	0,47	-0,48
63 x 83	441,22	-878,86	0,04	-0,93
66 x 29	-1556,92	-279,70	-1,01	-1,31
66 x 30	-1189,55	-1090,71	-1,53	0,89
66 x 42	1178,27	1055,02	3,14	-0,96
66 x 65	-429,68	217,80	-0,38	-0,58
66 x 79	712,65	-295,25	-0,99	0,61
66 x 83	1285,23	392,84	0,77	1,36
76 x 29	1102,85	806,67	3,99	0,81
76 x 30	-934,68	353,65	0,27	-3,09
76 x 42	-132,47	-939,11	-0,06	0,46
76 x 65	499,98	121,37	0,42	0,24
76 x 79	1170,52	263,52	-2,79	2,02
76 x 83	-1706,20	-606,10	-1,83	-0,43
Desvio	29,74	20,70	1,10	1,42

TABELA 14A. Estimativas dos efeitos das heteroses por época de semeadura (novembro e dezembro) para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Épocas de semeadura	MS	PG	DISMS	FDN
Novembro	9846,28	5753,50	2,71	-11,70
Dezembro	9166,74	5172,36	2,92	-2,20

TABELA 15A. Média de produtividade de matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG), degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), de 36 híbridos, considerando a média das duas épocas de semeadura na safra 2001/02. UFLA, Lavras – MG. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Cruzamento	MS	PG	DISMS	FDN
19 x 29	15847,7 b	5834,9 c	46,3 c	56,5 b
19 x 30	16336,7 b	6946,2 c	46,2 c	57,5 a
19 x 42	17341,9 b	6792,9 c	44,8 d	59,8 a
19 x 65	15329,2 b	6692,7 c	49,5 b	52,2 b
19 x 79	18160,9 b	7216,8 c	48,8 b	55,7 b
19 x 83	17133,7 b	7195,2 c	50,0 b	52,2 b
41 x 19	20260,0 a	8073,4 c	49,3 b	51,4 b
41 x 30	20121,1 a	8930,7 b	47,3 c	53,8 b
41 x 42	21537,0 a	7299,4 c	47,1 c	57,9 a
41 x 65	18748,2 b	8989,3 b	53,3 a	51,9 b
41 x 79	23017,9 a	10330,8 a	53,1 a	51,0 b
41 x 83	21850,3 a	9757,1 a	51,7 a	54,4 b
57 x 29	20813,6 a	8448,8 b	50,5 b	52,3 b
57 x 30	20525,2 a	8921,5 b	48,9 b	54,4 b
57 x 42	25218,4 a	9107,9 b	46,6 c	56,3 b
57 x 65	22001,7 a	9890,2 a	50,1 b	55,5 b
57 x 79	22597,6 a	9825,7 a	51,1 a	54,7 b
57 x 83	20931,4 a	9878,0 a	51,5 a	55,2 b
63 x 29	20454,8 a	9748,5 a	48,3 b	52,2 b
63 x 30	17275,9 b	8734,2 b	50,2 b	53,2 b
63 x 42	21389,4 a	9511,2 a	45,7 c	55,1 b
63 x 65	16901,1 b	8496,7 b	51,3 a	50,9 b
63 x 79	20575,0 a	10540,1 a	51,4 a	50,8 b
63 x 83	21924,8 a	8796,6 b	50,4 b	52,0 b
66 x 29	19497,5 a	8985,4 b	49,5 b	52,6 b
66 x 30	18714,0 b	8457,9 b	48,9 b	53,4 b
66 x 42	22337,4 a	10192,3 a	49,9 b	55,2 b
66 x 65	18997,7 b	8897,1 b	53,7 a	50,5 b
66 x 79	21370,9 a	10188,2 a	50,0 b	52,8 b
66 x 83	21954,5 a	9514,2 a	52,9 a	50,7 b
76 x 29	17236,1 b	7267,3 c	48,9 b	54,6 b
76 x 30	15343,4 b	6984,0 c	45,1 d	54,5 b
76 x 42	19929,9 a	6881,9 c	43,7 d	58,7 a
76 x 65	17109,7 b	7133,2 c	51,1 a	55,1 b
76 x 79	18894,8 b	7176,5 c	46,7 c	58,5 a
76 x 83	17116,7 b	7682,4 c	46,5 c	54,2 b
Média	19577,6	8481,0	49,1	54,0

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.