



CARLOS HENRIQUE PEREIRA

**INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA
TEMPERADO PARA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM DE MILHO**

LAVRAS – MG

2015

CARLOS HENRIQUE PEREIRA

**INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA TEMPERADO PARA
PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO**

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

Orientador

Dr. João Cândido de Souza

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pereira, Carlos Henrique.

Introgessão de germoplasma temperado para produção de
forragem de milho / Carlos Henrique Pereira. – Lavras : UFLA, 2015.
60 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): João Cândido de Souza.

Bibliografia.

1. Milho forrageiro. 2. Textura dos grãos. 3. Digestibilidade. 4.
Vitrosidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CARLOS HENRIQUE PEREIRA

**INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA TEMPERADO PARA
PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO**

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

APROVADA em 12 de fevereiro de 2015.

Dr. José Airton Rodrigues Nunes UFLA

Dr. Fausto de Souza Sobrinho EMBRAPA

Dr. João Cândido de Souza
Orientador

LAVRAS – MG

2015

*A Deus, por iluminar meus pensamentos, me dando calma e persistência.
A minha mãe Luzia (in memoriam), o exemplo que deixou é o
que me impulsiona a seguir. Ao meu pai José Carlos,
pela educação, incentivo e amor, devo a você esta
conquista. Ao meu irmão Diego, pelo apoio,
amizade e carinho. A Maria Elisa pelo
carinho e compreensão. A todos os
familiares e amigos que me
ajudaram e torceram
por mim.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de mais essa conquista.

A meu pai José Carlos, pelo carinho, amor, paciência e ajuda nos momentos mais difíceis, orgulho-me da grandeza de seus atos como fonte de ensinamentos e segurança.

A minha mãe Luzia, minha fonte de inspiração, que apesar da ausência física, sempre senti o apoio, dando-me forças para não desistir nos momentos difíceis.

A todos meus familiares, especialmente ao meu irmão Diego e minha avó Lúcia, agradeço pelo apoio, carinho, amor, educação, torcida e orações.

A minha namorada Maria Elisa, pelo companheirismo, paciência, compreensão e amor.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de cursar o mestrado.

A Capes, pelo apoio financeiro do experimento e pela bolsa de estudos.

Ao pesquisador Fausto de Souza Sobrinho e a Embrapa Gado de Leite, pela disponibilidade para a realização das análises bromatológicas da forragem.

Ao professor e orientador João Cândido de Souza, pela orientação, confiança, ensinamentos transmitidos, disponibilidade e principalmente pela amizade construída.

Ao pesquisador Pedro Revilla por disponibilizar os genótipos de milho espanhol.

Ao professor Marcos Neves Pereira, pelos conselhos e sugestões apresentadas para o presente trabalho.

Aos professores do programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, César Brasil, Elaine Aparecida, João Bosco, José

Airton e Magno Ramalho, pelos conhecimentos transmitidos e agradável convivência e exemplo de profissionalismo.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e sugestões apresentadas.

Aos funcionários de campo Léo, Lindolfo e Zé Carlinho, assim como os demais funcionários do Departamento de Biologia, Zélia, Rafa, Lilian, Lamartine, Dona Iron e Dú, pela ajuda em vários momentos e amizade construída.

Aos amigos e colegas de estudo, inseparáveis nos momentos de dificuldade, em especial a Márcia Leite, Ana Izabella, Juliana Andrade, Indalécio Cunha, Lucas Fidelis, Rafael Nalin, Larissa Costa, Jhonathan Pedroso, Rodrigo Alves, Renato Vasconcellos e Dayana Silva.

Ao pessoal do grupo de “Melhoramento do Milho”, pela colaboração nos momentos de dificuldade, pelo prazeroso trabalho em equipe e pela amigável convivência.

Aos colegas da pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial ao Ulisses Figueiredo e Rafael Nalin, pela disponibilidade em ajudar, auxílio nas horas de necessidade e valiosas contribuições para o presente trabalho.

A todas as pessoas que me auxiliaram, direta ou indiretamente, para que os meus objetivos fossem concretizados. Meu muito obrigado!

É na educação dos filhos que se revelam as virtudes dos pais.

Coelho Neto

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo selecionar populações promissoras a partir das estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres agrônômicos, componentes de produção e bromatológicos a fim de verificar o potencial de introgressão de germoplasma temperado com grãos do tipo farináceo ao germoplasma de milho brasileiro para a produção de forragem. O experimento foi conduzido no período de julho a dezembro de 2013, no campo experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, município de Lavras-MG. Foram utilizados em avaliação 39 populações segregantes em delineamento de blocos completos casualizados (DBCC) com duas repetições em parcelas de cinco linhas de cinco metros. Foram avaliados os caracteres: produtividade de grãos (PROD), comprimento de espigas (COMPESP), comprimento dos grãos (COMPGR), quantidade de grãos por espiga (GRES), peso de cem grãos (PCEMGR), espigas doentes (ESPD), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), teor de proteína bruta (PB), vitreosidade (VITLUZ), florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF), sanidade das plantas (SAN), matéria verde total (MV), matéria seca total (MS) e porcentagem de espiga na planta (PORCESP). Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as populações para a maioria dos caracteres avaliados, exceto para os caracteres bromatológicos, demonstrando potencial de ganho com a seleção a partir de genótipos temperados de grãos farináceos. Os efeitos aditivos foram predominantes para os caracteres avaliados. A acurácia variou de 42,58% a 90,61%. A utilização do índice de seleção forneceu ganhos expressivos, o que justifica seu uso para obtenção de ganhos indiretos com a seleção.

Palavras-chave: Milho forrageiro. Textura dos grãos. Digestibilidade. Vitreosidade.

ABSTRACT

This work aimed to select promising populations from the estimation of genetic parameters for agronomic traits, yield components and bromatologic in order to investigate the potential of temperate germplasm introgression with farinaceous-like grains to the Brazilian corn germplasm for forage production. The experiment was carried out from July to December 2013 in the experimental field of the Department of Biology at the University of Lavras, Lavras – Minas Gerais State, Brazil. Thirty-nine segregating populations were set up in a completely randomized block design with two replications, in plots of five lines with five meters long. The traits evaluated were: grain yield, ear length, depth of grain, number of grains per ear, a hundred grain weight, unhealthy year, acid detergent fiber, *in vitro* digestibility of dry matter, neutral detergent fiber, crude protein, vitreousness, male flowering, female flowering, plant sanity, total green matter, total dry matter and ear percentage. There were significant differences ($P < 0,05$) among populations for most evaluated traits, except for bromatologic characters, showing gain potential with the selection from temperate genotypes of farinaceous-like grain. The additive effects were predominant and the accuracy ranged from 42.58% to 90.61%. The use of the selection index provided significant gains, which supports its use to obtain indirect gains with the selection.

Keywords: Forage maize. Grain texture. Digestibility. Vitreousness.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	A utilização do milho como forragem no Brasil	15
2.2	Importância do germoplasma temperado na produção de forragem	17
2.3	Melhoramento de milho forrageiro em condições tropicais	20
2.4	Qualidade nutricional dos grãos de milho: características do endosperma	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Locais	26
3.2	Genótipos utilizados	26
3.3	Condução do experimento	29
3.4	Avaliação dos caracteres agronômicos e componentes de produção	30
3.5	Avaliação da vitreosidade dos grãos	33
3.6	Avaliação dos caracteres bromatológicos	34
3.7	Análises estatísticas	35
4	RESULTADOS	38
5	DISCUSSÃO	47
6	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A competitividade crescente do agronegócio do leite e carne exige cada vez mais uma especialização por parte dos produtores, desde que o fornecimento de forragem de qualidade durante o ano todo passou a ser importante nos sistemas produtivos.

O milho se destaca como volumoso devido à alta produtividade de matéria seca, facilidade de cultivo e ao alto teor energético. A seleção de híbridos que apresentem elevada produção de matéria seca e de grãos, associados a maior adaptação às condições ambientes locais, tem sido apontada como responsável por ganhos efetivos em produtividade da forragem (GOMES et al., 2006).

Além das características tais como produtividade de matéria seca, digestibilidade e percentual de espigas nas cultivares de milho utilizadas para produção de forragem, a textura do grão é outra variável que passa a ser observada na escolha de genótipos para alimentação de ruminantes, uma vez que características relacionadas a constituição do endosperma do grão do milho afetam a degradação do amido no rúmen (PEREIRA et al., 2004; PHILIPPEAU; MONREDON; MICHALET-DOREAU, 1999).

No grão de milho, o endosperma possui microestrutura diferente e consiste basicamente de uma área translúcida, referida como vítrea e de uma área opaca, definida como farinácea. A proporção dessas duas áreas varia com a cultivar e determina o conteúdo energético e a textura dos grãos (DAVIDE et al., 2011; PEREIRA et al., 2004).

A utilização de híbridos farináceos, comparativamente a híbridos vítreos, pode resultar em menor queda relativa na digestão ruminal do amido, assim, aumentando o desempenho animal (PEREIRA et al., 2004).

Porém, há maior disponibilidade de grãos classificados como duros ou semiduros no mercado, comparados com híbridos de textura farinácea

predominantemente cultivados em regiões temperadas, o que justifica a introgressão de genótipos favoráveis no que se refere à digestibilidade dos grãos.

Dentre as 467 cultivares de milho disponibilizadas para comercialização na safra 2013/2014, apenas 6,2% possuíam grãos dentados, ao passo que 55,2% foram classificadas como semiduro e 18,4% como Duro/Flint (PEREIRA et al., 2004).

Uma estratégia comumente adotada pelos melhoristas em seus programas de melhoramento de milho para forragem é sintetizar híbridos que produzam silagem com alto valor nutritivo por meio do cruzamento de genitores que possuam alta degradabilidade de suas silagens (GOMES et al., 2006).

Para atingir o sucesso no melhoramento de uma espécie é importante conhecer a variabilidade existente para os caracteres de maior importância na seleção. Além disso, a informação acerca de parâmetros genéticos como herdabilidade e ganho com seleção são importantes no direcionamento do programa de melhoramento para obtenção de cultivares (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Outro fator importante é que esses ganhos podem ser diretos ou indiretos, isto é, quando um caráter é selecionado com base em outro. Assim, as estimativas dos ganhos com a seleção são muito úteis aos melhoristas, seja qual for a espécie de importância econômica (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Além disso, o que também pode ser determinante em um programa de melhoramento é o emprego de um índice de seleção quando se deseja realizar a seleção com base em um conjunto de caracteres importantes ao mesmo tempo (BERNARDO, 2010).

Portanto, este trabalho teve como objetivo selecionar populações promissoras a partir das estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres agrônômicos, componentes de produção e bromatológicos afim de verificar o

potencial de introgressão de germoplasma temperado com grãos do tipo farináceo ao germoplasma de milho brasileiro para a produção de forragem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A utilização do milho como forragem no Brasil

Dentre as espécies utilizadas para a produção de forragem conservada na forma de ensilagem, o milho se destaca. A silagem de milho proporciona forragem de ótima qualidade nutritiva, sem restrições alimentares para os ruminantes. Além disso, apresenta elevado potencial produtivo de matéria seca por área, chegando a mais de 15 t/ha (OLIVEIRA et al., 2003), o que viabiliza sua exploração.

Devido ao seu alto conteúdo de amido, o milho é considerado excelente fonte energética, sendo assim, largamente utilizado na alimentação animal. Na exploração leiteira, os rebanhos de alta produção dependem muito do milho como principal fonte de energia. Dado ao alto valor desse cereal, os custos com alimentação são bastante significativos (CAETANO et al., 2011).

No mercado interno, o Brasil segue a tendência mundial, onde a alimentação animal é considerada como o grande mercado de milho, seja para ruminantes ou não ruminantes. A grande utilização desse cereal pode estar relacionada ao alto valor nutricional, ao fácil cultivo da cultura que é conhecido pelos produtores há muitos anos e à boa disponibilidade desse alimento (PEREIRA et al., 2011).

A escolha por cultivares de porte alto com elevada produção de matéria seca foi amplamente praticada no passado, porém mostrou-se inadequada, sobretudo, devido à pequena percentagem de grãos presentes na massa de volumoso, não levando em consideração a importância da espiga na produção e na qualidade da planta do milho (GOMES et al., 2004).

Para ruminantes, o milho pode participar da dieta como volumoso, sendo fornecido aos animais na forma de silagem, podendo ser consumido tanto na época da seca como na época das águas (CAETANO et al., 2011).

A silagem de milho possui alto valor energético quando comparada com outras forrageiras, atendendo as exigências de animais de alta produção. Vacas consumindo silagem de milho têm maior produção de leite e também maior teor de proteína no leite em relação às silagens de sorgo granífero e sacarino (NASCIMENTO et al., 2008). Esse mesmo autor acrescenta que o potencial produtivo do milho é superior ao do sorgo, ainda que a utilização dessa cultura em condições adversas possa ser recomendada.

Em relação à cana-de-açúcar *in natura*, a utilização do milho como forragem fornece uma dieta mais eficiente, uma vez que a maior produção de leite pode ser atribuída ao maior consumo de matéria seca e maior ingestão de nutrientes pelo animal (QUEIROZ et al., 2008).

Os principais parâmetros empregados para a avaliação do valor nutricional da forragem de milho são os teores de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA) e a própria digestibilidade, na qual ganhos no valor nutricional da forragem estariam ligados ao melhoramento da digestibilidade da fibra.

Dessa forma, a 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. Já a fração FDA contém celulose e lignina e diz respeito à fibra pouco digestível, sendo determinada pela solubilização da forragem em detergente ácido (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Alguns pesquisadores têm se dedicado a avaliar o efeito do processamento do milho sobre o desempenho de bovinos de leite e de corte (PEREIRA; PEREIRA, 2014).

Em sua maioria, eles relatam a alta vitreosidade do endosperma em grãos de milho que proporcionam a redução da digestibilidade ruminal do amido (CORREA et al., 2002; PEREIRA et al., 2004; PHILIPPEAU; MONREDON; MICHALET-DOUREAU, 1999).

Contudo, existe a necessidade de mudança na dureza das sementes de milho comercializadas no Brasil, com a geração de novas cultivares específicas para a produção de forragem, tornando necessária a adoção de estratégias capazes de reduzir a ingestão de milho por unidade de desempenho animal (PEREIRA et al., 2004).

2.2 Importância do germoplasma temperado na produção de forragem

Atualmente, existe uma demanda por genótipos que proporcionem maior valor nutritivo, agregando também características agronômicas de interesse (PEREIRA et al., 2011).

Programas nacionais de melhoramento visando melhorar a eficiência da utilização do milho como forragem bem como o valor nutritivo com base na textura dos grãos podem ser desenvolvidos utilizando genótipos já existentes no Brasil (PEREIRA et al., 2004). Outra alternativa, porém, seria a introdução de genótipos já melhorados em outros países, os quais apesar de serem de clima não semelhante, podem apresentar características desejáveis quanto à qualidade dos grãos e possibilitar sua adaptação às condições tropicais. Ao que tudo indica as empresas já utilizam linhagens temperadas com a finalidade de produzir bons híbridos (GOMES et al., 2004).

No passado, a introdução de cultivares exóticas permitiu ganhos em produtividade do milho no Brasil e possibilitou grandes avanços na área de melhoramento genético da cultura. Outra questão de relevância é que a base genética do milho no Brasil é quase que exclusivamente derivada de germoplasmas exóticos, devido à introdução de populações, variedades e linhagens principalmente dos Estados Unidos e do México (PEREIRA; PEREIRA, 2014).

Acredita-se que o México foi o centro de origem do milho dentado, apesar de cultivares mexicanas serem principalmente constituídas por genótipos dentados-duros com endosperma vítreo no topo e laterais da semente. Estes, ao serem cruzados com o milho duro e vítreo do norte dos Estados Unidos, deram origem ao milho dentado, sendo o principal plantado atualmente no cinturão do milho norte-americano. Portanto, cultivares dentados e farináceos tiveram origem na América do Sul, tal como o Cariaco Dentado, do norte da Colômbia, e o Caingang, mais ao sul do continente (BRIEGER et al., 1958).

A hibridação das cultivares, linhagens e populações representa um dos pontos fundamentais, pois possibilita a combinação de alelos favoráveis que estão presentes em genitores diferentes com o intuito de produzir novos híbridos adaptados. Uma das dificuldades encontradas pelo melhorista refere-se à escolha de genitores promissores para serem usados em um programa de hibridação, os quais muitas vezes não são adaptados à região de interesse (GOMES et al., 2006).

Em se tratando da seleção de genótipos superiores, o melhorista na maioria dos casos visa fenótipos favoráveis para múltiplos caracteres de interesse. No caso do milho como forragem, objetiva-se identificar genótipos produtivos em matéria seca e também com características morfológicas e químicas desejáveis, como, por exemplo, genótipos que associem alta produtividade de massa, resistência a patógenos e grãos com maior digestibilidade.

Os grãos representam em média 42% da matéria seca da forragem, colhidos no estágio de meia linha do leite e a escolha de híbridos de milho considerando a dureza do endosperma é uma forma de atuar sobre a digestão do amido (PEREIRA; PEREIRA, 2014).

No passado não muito distante, os programas de melhoramento de híbridos do Brasil concentravam esforços na obtenção de cultivares de grãos vítreos. Por essa razão, há maior disponibilidade de grãos classificados como duros ou semiduros no mercado os quais proporcionam baixa digestibilidade do

grão, comparadas com híbridos de textura farinácea, predominantemente cultivados em regiões temperadas, como os Estados Unidos e a Europa (PEREIRA et al., 2004).

Nussio, Campos e Dias (2001), porém, não identificaram relação significativa entre a proporção de grãos por planta e a digestibilidade da matéria orgânica da planta e do colmo, revelando que as duas últimas não dependem exclusivamente da proporção de grãos presentes na espiga. Apesar disso, a proporção de grãos tem sido reconhecida como critério adequado para auxiliar na escolha de cultivares específicas para forragem, por estar correlacionada ao potencial de produção de grãos e à matéria seca total da planta inteira, além de maior fornecimento de energia.

Desde a descoberta do milho rico em lisina, devido ao gene mutante denominado *opaque2* (*o2*) (MERTZ; BATES; NELSON, 1964), têm sido direcionados esforços para melhor compreensão bioquímica e molecular dos mecanismos que levam ao aumento do teor de lisina no endosperma, assim como à compreensão dos mecanismos de regulação da acumulação de zeínas e opacidade do endosperma (AZEVEDO; ARRUDA, 2010; HOLDING et al., 2008; KEMPER et al., 1999). Nesse contexto, Lopes et al. (1995) identificaram duas regiões cromossômicas no braço longo do cromossomo 7 do milho, que estão associados à modificação do endosperma devido ao mutante *o2*.

Os grânulos de amido no endosperma do milho que contêm o mutante *o2* são sintetizados com menos vigor do que no milho normal. Assim, eles são embalados mais livremente na matriz proteica, dando uma aparência opaca no grão.

Uma vez obtida uma cultivar portadora do alelo desse gene responsável pela opacidade do endosperma, pode-se aumentar a eficiência animal no que se refere à degradação do amido e fornecimento de energia para a flora microbiana

presente no rúmen e, conseqüentemente, aumentar o desempenho animal (PHILIPPEAU; MONREDON; MICHALET-DOREAU, 1999).

Há dificuldades, no entanto, em se encontrar um germoplasma de milho com essa característica já adaptado às condições tropicais do Brasil. Dessa forma, tem-se a necessidade de introduzir e adaptar genótipos que apresentem o aspecto farináceo em seus grãos para serem utilizados em um programa de melhoramento.

2.3 Melhoramento de milho forrageiro em condições tropicais

O milho é a principal cultura utilizada para produção de forragem ensilada no Brasil. Devido à necessidade de novas cultivares específicas para produção de forragem, os programas de melhoramento devem concentrar esforços na seleção de genótipos que associem bom desempenho agrônômico e boa qualidade nutricional da forragem.

No Brasil, existe variabilidade genética relacionada à textura dos grãos dentro dos híbridos disponíveis no mercado e isso pode ser notado através das pesquisas relacionadas ao milho para produção de forragem, nas quais, tanto para características agrônômicas como para características ligadas ao valor nutricional da forragem, há possibilidade de se obter ganhos com a seleção (CAETANO et al., 2011; GOMES et al., 2004; PEREIRA et al., 2011).

Nesse contexto, há relatos na literatura em que a cultivar ideal de milho para produção de forragem é aquela que associa alta produtividade de grãos e qualidade da matéria seca produzida (GOMES et al., 2004). Contudo, para a avaliação do valor nutricional da forragem estão envolvidas análises laboratoriais, que além de trabalhosas, elevam o custo do programa de melhoramento (MENDES, 2012). Isso evidencia a necessidade de métodos que sejam eficientes e de fácil aplicação para a seleção de genótipos com alta qualidade nutricional.

Com relação à textura do grão, há relatos na literatura evidenciando a existência de variabilidade genética para a qualidade do amido no grão do milho (FERREIRA et al., 2011). Porém, a obtenção da vitreosidade pelo método de dissecação, assim como a degradabilidade *in situ* da matéria seca dos grãos, apesar de confiáveis, tornam-se uma prática onerosa e que demanda bastante tempo para obtenção dos resultados.

As principais características agrônômicas são avaliadas com o objetivo de identificar genótipos com maior potencial de produção (GOMES et al., 2006). Mas, infelizmente, fatores ambientais como o manejo inadequado da cultura, a baixa fertilidade natural dos solos e a limitada disponibilidade de capital dos agricultores para investimento em insumos agrícolas ainda são fatores limitantes para a produtividade da cultura do milho e podem influenciar no resultado final (MARCONDES et al., 2012).

Existem ainda relatos na literatura sobre o interesse em realizar seleção para altos teores de proteína na forragem de milho, porém a seleção para essa característica não é muito considerada pelos melhoristas, uma vez que a silagem de milho é considerada como um alimento energético e os baixos teores de proteína são normalmente compensados com a utilização de concentrados e compostos protéicos (PEREIRA et al., 2004).

No Brasil, existem poucos relatos sobre programas de melhoramento de milho específicos para produção de forragem, tanto na iniciativa pública como na iniciativa privada (MENDES, 2012). No entanto, a seleção recorrente já foi utilizada com sucesso em algumas oportunidades, otimizando o processo de obtenção de híbridos de milho forrageiro (OLIVEIRA et al., 2003).

Além disso, o melhoramento da qualidade nutricional dos grãos apresenta dificuldades, pois carece de informações sobre as proteínas do endosperma, que estão totalmente dependentes tanto da composição química como da composição

física do grão e contêm aminoácidos que podem ser nutricionalmente desejáveis (LOPES; LARKINS, 1993).

A necessidade de informações pertinentes ao comportamento agrônomo produtivo e ao valor nutritivo é de fundamental importância para o planejamento em relação à escolha e à caracterização agrônoma dos híbridos de milho disponíveis no mercado que se destinem à produção de forragem.

Dessa forma, pesquisas de comparação entre híbridos são fundamentais em programas de melhoramento e importantes na recomendação a técnicos e produtores sobre o híbrido destinado à produção de forragem, o qual possui melhor relação entre produção e valor nutritivo (MARCONDES et al., 2012).

Conforme pode ser observado, o melhoramento visando ao desenvolvimento de cultivares para a produção de forragem é complexo e envolve a seleção para vários caracteres, muitas vezes de relação desconhecida, de modo que os caracteres favoráveis devem ser incorporados conjuntamente em um determinado genótipo durante o processo de seleção para uma futura obtenção de híbridos.

2.4 Qualidade nutricional dos grãos de milho: características do endosperma

O grão de milho é composto basicamente pelo pericarpo, embrião e endosperma, os quais diferem consideravelmente em estrutura e composição química. O pericarpo representa cerca de 5% do grão, sendo responsável pela proteção contra danos físicos, alta umidade e ataque por insetos (PAES, 2006). O embrião, assim como o pericarpo, possui $2n = 2x = 20$ cromossomos e representa aproximadamente 11% do grão, sendo rico em lipídeos e proteína, porém pobre em amido.

O endosperma, por outro lado, representa mais de 80% do grão e sua origem está ligada a dupla fertilização, sendo um fenômeno biológico em que ocorre a fusão de dois núcleos polares com um núcleo reprodutivo do grão de pólen, resultando em uma célula triploide ($2n = 3x$) (RAMALHO et al., 2012).

O endosperma do milho é composto por amido (86%) e proteínas (9%) (PEREIRA; PEREIRA, 2014). O amido do endosperma é sintetizado a partir de sacarose. A sacarose é convertida em glicose e é polimerizada em amilose (amido linear) ou amilopectina (amido ramificado), os quais são empacotados como grânulos cristalinos nos amiloplastos, envolvidos por uma matriz proteica (HASJIM et al., 2009). Existe variação no formato e no tamanho dos grânulos de amido do endosperma, sendo esses de superfície lisa e esféricos no endosperma farináceo, e de superfície irregular e compactados no endosperma vítreo (PEREIRA et al., 2004).

Muito pouco se sabe sobre a textura do endosperma de muitos híbridos. O endosperma possui microestrutura diferente e consiste basicamente de uma área translúcida denominada vítrea e por uma área opaca definida como farinácea. A proporção dessas duas áreas varia conforme a cultivar e determina a textura dos grãos (DAVIDE et al., 2011).

A textura dos grãos afeta o transporte e o armazenamento de grãos, resistência a patógenos e a qualidade nutricional dos grãos (GEETHA et al., 1991). Embora a dureza e a vitreosidade dos grãos de milho tenham sido utilizadas para determinar a textura, essas são propriedades distintas. A dureza dos grãos relaciona-se às suas propriedades físicas e a vitreosidade é determinada pela relação entre endosperma vítreo e endosperma farináceo (SMITH; DILDAY, 2004).

A determinação da textura de grãos em milho fornece subsídio para definir práticas adequadas ao armazenamento de grãos além de indicar a principal aptidão de cada cultivar (PEREIRA et al., 2004).

A técnica de análise da imagem dos grãos submetidos à incidência direta de luz é um processo rápido e não destrutivo e tem sido utilizado por alguns pesquisadores a fim de determinar a vitreosidade do endosperma de milho, otimizando o processo (FELKER; PAULIS, 1993).

É o caso de Erasmus e Taylor (2004), que correlacionaram o método convencional de vitreosidade por dissecação manual dos grãos com a técnica por análise de imagem rápida não-destrutiva, com utilização de um software que avalia as imagens obtidas por câmera fotográfica. Nesse trabalho, os autores constataram que a intensidade da translucidez no milho está linearmente correlacionada com a percentagem de iluminação, ou seja, quanto maior o teor de luz, mais translúcido fica o grão e ambos os métodos podem ser adequados para prever a constituição percentual do endosperma.

Pode ser observado, no entanto, que o método mais utilizado pelas empresas é o escore de identificação visual dos grãos, devido a sua simplicidade de execução. Embora se trate de um método pouco eficiente como afirma Davide et al. (2011).

Diversos trabalhos indicaram que a redução na quantidade de zeínas no endosperma leva a uma diminuição na dureza do endosperma e um aumento no teor de lisina (HOLDING; LARKINS, 2006; LOPES; LARKINS, 1993; WU; HOLDING; MESSING, 2010; WU; MESSING, 2010).

A proteína do endosperma vítreo é relativamente resistente à entrada de água e à ação de enzimas hidrolíticas. Sendo assim, a interação amido-proteína influencia na digestibilidade do amido, podendo reduzir sua suscetibilidade à hidrólise enzimática. Em grãos vítreos, os grânulos de amido podem estar completamente embebidos em uma matriz proteica, dificultando a hidrólise enzimática.

Assim, a limitação causada pelo efeito da matriz proteica na digestão de amido ruminal é menos importante para o milho farináceo do que para os vítreos,

e isso explica a digestão superior do amido ruminal com maior proporção de endosperma farináceo, amido mole e poroso com baixa densidade, portanto, mais facilmente digerido pelos microorganismos do rúmen (PEREIRA et al., 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, município de Lavras-MG, região Sul do estado de Minas Gerais, a 918 metros de altitude, 21°58' de latitude Sul e 42°22' de longitude Oeste. Nessa área experimental, experimentos com a cultura do milho e feijão são conduzidos praticando-se a rotação de culturas em sistema de plantio direto.

As avaliações bromatológicas da forragem foram realizadas pela Embrapa Gado de Leite, localizada em Juiz de Fora-MG. Para a realização das análises bromatológicas, foi utilizado o método NIRS (Near-Infrared Reflectance Spectroscopy) (MARTEN; SHENK; BARTON, 1985).

3.2 Genótipos utilizados

Foram avaliadas 39 populações na geração segregante S₀ a partir do cruzamento entre 13 genótipos espanhóis com quatro híbridos comerciais de alta performance na região (DKB 340, P30F53, GNZ 9626 e GNZ 9501), assim como seis genótipos espanhóis cruzados com a variedade Ligeirinho (LIG) (Tabela 1).

Como testemunhas do experimento, foram utilizados dois híbridos comerciais comumente plantados para produção de forragem de milho na região, sendo eles: BM 3061 (híbrido triplo) e AG 4051 (híbrido triplo).

Os 13 genótipos de milho espanhol foram cedidos pelo programa de melhoramento “Mejora Maíz de la Misión Biológica de Galicia (CSIC)-Espanha”, disponibilizado para o Programa de Melhoramento do Milho do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

As gerações F₁ obtidas em cada cruzamento foram autofecundadas na safra seguinte para então obter as sementes das populações da geração S₀ que foram plantadas para serem avaliadas em experimento.

Pela precocidade de florescimento apresentada pela variedade Ligeirinho (LIG) foi possível realizar os cruzamentos com os genótipos espanhóis. Já para realizar os cruzamentos entre os genótipos espanhóis com os híbridos brasileiros, foi necessário antecipar por dez dias o plantio dos híbridos, para sincronizar o florescimento na época dos cruzamentos.

É importante ressaltar que devido à menor adaptação dos genótipos temperados, houve uma perda de vigor na planta, principalmente em relação ao tamanho da espiga e produtividade de grãos. Logo, os cruzamentos foram direcionados para que os genótipos tropicais fossem receptores de pólen, utilizados como fêmea, o que garantiu maior quantidade de sementes nos cruzamentos.

Tabela 1 Descrição dos genitores que deram origem às populações da geração S₀ avaliadas em experimento com caracterização em relação ao tipo de grãos. Lavras, MG

Trat	Pai	Tipo de grãos	Mãe	Tipo de grãos
1	Purdue B FAR	Opacos	LIG	semi-vítreos
2	Purdue B	Opacos	LIG	semi-vítreos
3	EPS20(FRS2)C2	semi-vítreos	LIG	semi-vítreos
4	BS17C2	semi-vítreos	LIG	semi-vítreos
5	EPS4C2	Pretos	LIG	semi-vítreos
6	Purdue A	opacos	LIG	semi-vítreos
7	EPS21(FRS2)C2	semi-vítreos	LIG	semi-vítreos
8	Purdue B	Opacos	DKB 340	vítreos
9	EPS20(FRS2)C2	semi-vítreos	DKB 340	vítreos

“Tabela 1, conclusão”

Trat	Pai	Tipo de grãos	Mãe	Tipo de grãos
10	BS17C2	semi-vítreos	DKB 340	vítreos
12	EPS13(FR)xEPS14(FR)	semi-vítreos	DKB 340	vítreos
13	EPS21(FRS2)C2	semi-vítreos	DKB 340	vítreos
14	Rebordanes(S)C3	brancovítreos	DKB 340	vítreos
15	Tuy(S)C3	semi-vítreos	DKB 340	vítreos
16	EPS14(FR)C3	semi-vítreos	DKB 340	vítreos
17	EPS5(HC)C4	semi-vítreos	DKB 340	vítreos
18	BS17C2	semi-vítreos	P30F53	semi-vítreos
19	EPS4C2	pretos vítreos	P30F53	semi-vítreos
20	Purdue A	opacos	P30F53	semi-vítreos
21	Rebordanes(S)C3	brancovítreos	P30F53	semi-vítreos
22	EPS14(FR)C3	semi-vítreos	P30F53	semi-vítreos
23	EPS5(HC)C4	semi-vítreos	P30F53	semi-vítreos
24	Purdue B	Opacos	GNZ 9626	vítreos
25	BS17C2	semi-vítreos	GNZ 9626	vítreos
26	EPS4C2	pretosvítreos	GNZ 9626	vítreos
27	Purdue A	opacos	GNZ 9626	vítreos
28	EPS21(FRS2)C2	semi-vítreos	GNZ 9626	vítreos
29	Rebordanes(S)C3	brancovítreos	GNZ 9626	vítreos
30	EPS14(FR)C3	semi-vítreos	GNZ 9626	vítreos
31	EPS5(HC)C4	semi-vítreos	GNZ 9626	vítreos
32	EPS13(FR)C3	Vítreos	GNZ 9626	vítreos
33	Purdue B	Opacos	GNZ 9501	vítreos
34	EPS20(FRS2)C2	semi-vítreos	GNZ 9501	vítreos
35	BS17C2	semi-vítreos	GNZ 9501	vítreos
36	EPS4C2	pretosvítreos	GNZ 9501	vítreos
37	EPS13(FR)xEPS14(FR)	semi-vítreos	GNZ 9501	vítreos
38	Rebordanes(S)C3	brancovítreos	GNZ 9501	vítreos
39	Tuy(S)C3	semi-vítreos	GNZ 9501	vítreos
40	BM 3061	semi-vítreos	BM 3061	semi-vítreos
41	AG 4051	semi-vítreos	AG 4051	semi-vítreos

Trat: tratamentos avaliados em experimento.

3.3 Condução do experimento

As populações S_0 assim como as testemunhas foram avaliadas em experimento instalado em campo, conduzido no período de julho a dezembro de 2013 em sistema de plantio direto e irrigado por aspersão.

O delineamento de blocos completos casualizados (DBCC) com duas repetições foi utilizado. As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cinco metros, o espaçamento adotado entre linhas foi de 0,6 m e 0,25 m entre plantas com um estande de aproximadamente 66.666 plantas ha^{-1} .

Na semeadura foram distribuídas oito sementes por metro linear de sulco, sendo o desbaste realizado quando as plantas apresentavam de quatro a cinco folhas completamente expandidas, permanecendo quatro plantas por metro linear de sulco.

Por ocasião da abertura dos sulcos, 350 $kg \cdot ha^{-1}$ do fertilizante formulado 8(N): 28(P_2O_5): 16(K_2O) foram adicionados. Para a realização da adubação de cobertura, foi utilizada a fonte ureia, aplicando-se 400 $kg \cdot ha^{-1}$, parcelados em duas aplicações, sendo a primeira no estágio fenológico V3 e a segunda no estágio V6. Os demais tratos culturais foram adotados de acordo com as recomendações para a cultura do milho na região sul de Minas Gerais.

Para a coleta dos dados foram consideradas somente as três linhas centrais como úteis, ou seja, as linhas das extremidades não foram utilizadas nas avaliações, servindo apenas para diminuir a interferência causada pela parcela vizinha, ou seja, as linhas das extremidades serviram como bordadura.

A colheita foi realizada em dois estágios diferentes. Para a avaliação dos caracteres bromatológicos da forragem, a colheita foi realizada no período considerado como ideal para confecção da silagem de milho, ou seja, no estágio de meia linha do leite, no qual foram colhidas duas linhas das três centrais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000) e para os demais caracteres, a colheita

foi realizada no período em que ocorreu a formação completa da camada negra dos grãos (linha central da parcela).

3.4 Avaliação dos caracteres agronômicos e componentes de produção

Durante a condução do experimento, os seguintes caracteres agronômicos e componentes de produção foram avaliados:

Caracteres relacionados à produção de forragem:

- a) Florescimento masculino (FM) e feminino (FF): obtidos a partir dos valores correspondentes aos dias necessários após a germinação para que ocorresse a abertura das anteras com emissão dos grãos de pólen, assim como o surgimento dos estilo-estigmas. Um valor mínimo de 50% de homogeneidade de florescimento dentro da parcela para a coleta dos dados foi considerado;
- b) Sanidade das plantas (SAN): foram utilizados os dados de severidade (notas) das doenças foliares considerando-se toda área útil da parcela, a partir de sessenta dias após a emergência das plantas, com o auxílio da escala diagramática proposta pela Agrocerec (1996), a qual se baseia no percentual da área foliar lesionada em escala de notas que variam de 1 (sem lesão) a 9 (100% de lesão);
- c) Produtividade de matéria verde da planta inteira (MV): As parcelas foram colhidas, cortando-as a aproximadamente 20 cm do solo no estágio fisiológico denominado meia linha de leite (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Logo após, a produtividade de matéria verde foi estimada (em t.ha⁻¹) pela pesagem das plantas inteiras da parcela.

- d) Porcentagem de espigas na matéria verde (PORCESP): estimada pela pesagem das espigas separadas da planta inteira, as quais foram apenas arrancadas após a pesagem das plantas inteiras, obtendo assim o peso das espigas que contribuem para produção de matéria verde, convertidos em porcentagem em relação à planta inteira.
- e) Produtividade de matéria seca da planta inteira (MS): Após a colheita da matéria verde, as plantas de cada parcela foram encaminhadas para uma ensiladora elétrica para serem trituradas. Posteriormente, uma amostra homogeneizada de 900 gramas foi retirada, a qual foi seca em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55°C e posteriormente pesada. A produtividade de matéria seca em t.ha⁻¹ foi obtida pela diferença de peso da amostra.

Caracteres relacionados à produção de grãos:

- a) Produtividade de grãos (PROD): A partir da pesagem das espigas já secas de cada parcela, o peso das espigas foi subtraído pelo peso médio de sabugo de cada parcela, assim como corrigido para o estande final, ou seja, o número de plantas existentes em cada parcela por ocasião da colheita. Para isso, foi contado o número de plantas acamadas e quebradas em cada parcela experimental, as quais não foram consideradas no estande. Antes de fazer a conversão do peso de grãos em kg ha⁻¹, a correção para umidade padrão de 13% foi realizada utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = \frac{PC (100 - U)}{87}$$

em que:

$P_{13\%}$: é o peso dos grãos corrigido para a umidade padrão de 13%;

PC : é o peso de espigas sem correção;

U : é a umidade dos grãos na ocasião da pesagem das espigas, em porcentagem, amostrados em cada parcela;

- b) Quantidade de grãos por espiga (GRESPE): a partir da contagem do número de fileiras em cada espiga multiplicado pelo número de grãos em apenas uma fileira;
- c) Número de espigas doentes (ESPD): número de espigas em cada parcela que apresentaram problemas de má conformação e enchimento de grãos devido a estresses causados por patógenos;
- d) Comprimento de espigas (COMPESP): comprimento médio de cinco espigas colhidas aleatoriamente na parcela, as quais não apresentaram falhas de polinização e problemas de má conformação. Foram medidas em centímetros a partir do ponto de inserção do pedúnculo ao ápice da espiga;
- e) Comprimento dos grãos na espiga (COMPGR): Obtido pela diferença entre o diâmetro médio das espigas com o diâmetro médio dos sabugos. Diâmetro da espiga: diâmetro das cinco espigas em que foi mensurado o comprimento. Com o auxílio de um paquímetro digital o diâmetro foi mensurado em centímetros no terço médio. Diâmetro de sabugo: após mensuração do diâmetro das espigas, elas foram debulhadas à mão para obtenção dos sabugos, os quais foram então medidos em centímetros com auxílio de um paquímetro digital no terço médio dos mesmos;
- f) Peso de cem grãos (PCEMGR): foi obtido o peso de cem grãos amostrados aleatoriamente de cada parcela, medido em gramas. Após

a pesagem dos grãos, a correção para umidade a 13% foi considerada tal como descrito acima;

3.5 Avaliação da vitreosidade dos grãos

A porcentagem de vitreosidade do grão foi estimada pelo método de análise da imagem da translucidez do endosperma de grãos de milho. Para isso, foi utilizado um transluminador de luz branca, modelo TFX-35-WL, um equipamento com superfície de vidro e interior com lâmpada fluorescente de 80 watts, comumente utilizado em laboratórios de genética molecular para análises de reações de DNA em gel de poliacrilamida.

Esse método tem como princípio a emissão de luz que penetra no interior dos grãos, fazendo com que a parte vítrea se torne translúcida, pois a ausência de espaços entre os grânulos de amido e a matriz proteica promove a reflexão da luz, resultando em aspecto vítreo no endosperma dos grãos situados na superfície do vidro.

Com o auxílio de uma câmera digital de 14 pixels, uma foto dos grãos inteiros de cada parcela foi obtida e analisada pelo software Quant 1.0.1®. Esse software faz análises baseadas nos comprimentos de onda das diferentes tonalidades que compõem a imagem, obtendo assim de forma direta a porcentagem de endosperma vítreo em relação ao endosperma total (Figura 1).

Para obtenção das imagens do endosperma a partir das amostras de dois tratamentos contrastantes quanto à textura dos grãos (Figura 2), o microscópio eletrônico de varredura LEO Evo 40 do Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural da UFLA foi utilizado. Os fragmentos de endosperma foram preparados de acordo com o procedimento adotado por Alves (2004).

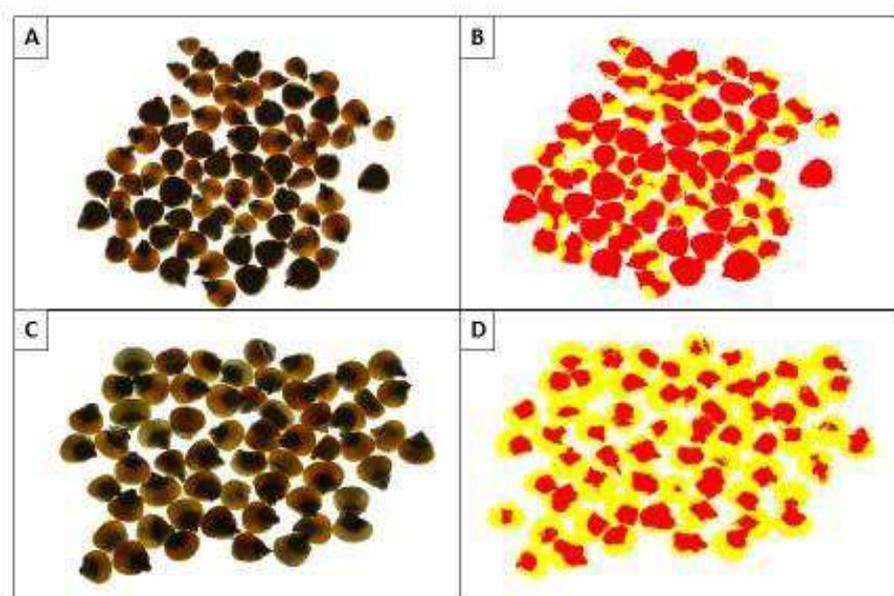


Figura 1 (A) Foto obtida da amostra do tratamento 33, após a incidência de luz pelos grãos; (B) Resultado da análise da foto do tratamento 33, com a parte vítrea em amarelo; (C) Foto obtida da amostra do tratamento 38, após a incidência de luz pelos grãos; (D) Resultado da análise da foto do tratamento 38, com a parte vítrea em amarelo

3.6 Avaliação dos caracteres bromatológicos

Os seguintes caracteres relacionados ao valor nutricional da forragem foram mensurados: proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN). Essas avaliações foram realizadas a partir de amostras de plantas inteiras de cada parcela, ou seja, das plantas que foram colhidas para obter a produtividade de matéria verde, que foram então trituradas e secas a 55°C e posteriormente moídas em um moinho do tipo “Willey” com peneira de um milímetro. O método da espectroscopia de reflectância no infravermelho proximal (NIRS) foi utilizado

para as avaliações dos caracteres bromatológicos (MARTEN; SHENK; BARTON, 1985).

3.7 Análises estatísticas

A análise dos dados foi realizada utilizando-se a abordagem de modelos mistos, no qual foi empregado o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xr + Za + Td + Wb + e$$

em que

y: vetor de dados;

r: é o vetor dos efeitos fixos, nesse caso a média geral;

a: é o vetor dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios), sendo $a \sim \text{NMV}(0, A\sigma_a^2)$. σ_a^2 é o componente de variância aditiva associada às populações;

d: é o vetor dos efeitos genéticos de dominância (aleatórios), sendo $d \sim \text{NMV}(0, D\sigma_d^2)$. σ_d^2 é o componente de variância de dominância associado às populações;

b: é o vetor dos efeitos de blocos (aleatórios), sendo $b \sim \text{NMV}(0, I\sigma_b^2)$. σ_b^2 é o componente de variância do bloco associado às populações;

e: é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios), sendo $e \sim \text{NMV}(0, I\sigma_e^2)$. σ_e^2 é a variância residual;

As letras maiúsculas X, Z, T e W representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos r, a, d e b, respectivamente.

A estimação dos componentes de variância e a predição dos efeitos aleatórios foram realizadas utilizando-se o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não tendenciosa) (RESENDE;

DUARTE, 2007). Para isso, o pacote estatístico ASReml-R foi utilizado (GILMOUR; CULLIS; GOGEL, 2009).

À essa análise foram incorporadas as matrizes de parentesco aditivas e de dominância, obtidas com ajuda do pacote estatístico “Nadiv” (WOLAK, 2012). Os componentes associados aos efeitos aleatórios foram testados por meio do teste da razão de verossimilhança (LRT).

A precisão experimental foi obtida por meio da estimação da acurácia, conforme proposto por Resende e Duarte (2007). Foram estimados os parâmetros genéticos: herdabilidade média no sentido restrito (h_r^2) e herdabilidade média no sentido amplo (h_a^2), referentes aos efeitos genotípicos totais.

Para estimar o ganho com a seleção ($GS_{\%}$) a partir das médias BLUP's das populações avaliadas, foram obtidos os valores de $GS_{\%}$ direto com intensidade de seleção variando de 5%, 10% e 15%, a partir da seguinte expressão:

$$GS_{\%} = \left(\frac{Ms - Mo}{Mo} \right) \times 100$$

em que

$GS_{\%}$: é o ganho obtido com a seleção, em porcentagem;

Ms : média dos tratamentos para o caráter desejado, selecionados a partir da intensidade de seleção desejada;

Mo : média inicial dos tratamentos de cada caráter desejado antes da seleção;

Ademais, na seleção de progênies visando ao melhoramento genético e ganho para vários caracteres simultaneamente, o índice aditivo foi adotado (RESENDE; DUARTE, 2007):

$$I_j = \sum_{i=1}^n \hat{g}_{ij} \times w_i \times \frac{1}{\hat{\sigma}_{gi}}$$

em que

I_j : índice associado à progênie j;

\hat{g}_{ij} : valor genotípico predito da progênie j para o caráter i;

w_i : importância proporcional ou peso econômico associado ao caráter i;

$\hat{\sigma}_{gi}$: estimativa do desvio padrão genotípico para o caráter i;

Os caracteres adotados no índice foram: produtividade de grãos (PROD), vitreosidade (VITLUZ) e produtividade de matéria verde total (MV). Foi considerado peso econômico de 33,33% para cada um destes três caracteres (Tabela 6).

Além de estimar o ganho com a seleção para o índice, os ganhos com a seleção para cada caráter individualmente também foram estimados com base nas progênies selecionadas para o índice.

4 RESULTADOS

Para a discriminação das populações quanto aos caracteres agronômicos, componentes de produção e valor nutricional da forragem, foi realizada a análise de deviance para testar os parâmetros associados aos efeitos aleatórios, utilizando o teste da razão de verossimilhança (LRT) (Tabela 2).

Foram encontradas diferenças significativas para os efeitos aditivos ($P < 0,05$), com variância aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$) diferente de zero para os seguintes caracteres: PROD, COMPGR, VITLUZ, FM, FF, SAN, MV e MS. Já para os efeitos de dominância, não foi observada diferença significativa entre os caracteres agronômicos e componentes de produção (Tabela 2).

Quanto aos caracteres bromatológicos da forragem, como digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), teor de fibra em detergente neutro (FDN), teor de fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB), estes não apresentaram significância ($P > 0,05$) pelo teste de LRT, tanto para os efeitos aditivos quanto para os efeitos de dominância, não sendo possível detectar variabilidade entre as populações avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2 Resumo da análise de deviance (ANADEV) para os caracteres: produtividade de grãos (PROD), comprimento de espigas (COMPESP), comprimento dos grãos (COMPGR), quantidade de grãos por espiga (GRESP), peso de cem grãos (PCEMGR), espigas doentes (ESPD), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), teor de proteína bruta (PB), vitreosidade (VITLUZ), florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF), sanidade das plantas (SAN), matéria verde total (MV), matéria seca total (MS) e porcentagem de espiga na planta (PORCESP), obtidos na avaliação das populações da geração S₀ de milho. Lavras, MG

Efeitos	Estimativas								
	PROD	COMPESP	COMPGR	GRESP	PCEMGR	ESPD	FDA	FDN	DIVMS
$\hat{\sigma}_a^2$	2078576	3,1288	5,0453	5103,9650	4,0993	1,1322	0,3313	2,8388	0,2638
LRT ($\hat{\sigma}_a^2$)	5,18*	3,00 ^{NS}	5,46*	2,79 ^{NS}	0,92 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,06 ^{NS}
$\hat{\sigma}_d^2$	2,9325	0,0000	0,0000	0,0039	0,0000	0,2038	2,2374	6,6011	0,3703
LRT ($\hat{\sigma}_d^2$)	0,00 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,07 ^{NS}					
$\hat{\sigma}_b^2$	582135	1,2760	0,7103	1629,1040	1,4655	0,2449	0,0000	0,0000	1,0481
$\hat{\sigma}_e^2$	1832799	3,0404	2,2003	3893,8480	12,9683	7,4005	16,8992	47,4181	5,7239
h_r^2 (%)	69,40	67,30	82,09	72,38	38,73	22,48	0,03	8,56	7,54
h_a^2 (%)	69,40	67,30	82,09	72,38	38,73	26,52	23,31	28,47	18,13
$rg\hat{g}$ (%)	83,31	82,04	90,61	85,08	62,23	51,50	48,28	53,36	42,58

“Tabela 2, conclusão”

Efeitos	Estimativas							
	PB	VITLUZ	FM	FF	SAN	MV	MS	PORCESP
$\hat{\sigma}_a^2$	0,1254	34,8189	12,4946	12,8397	0,8781	62739002	4431396	21,7764
LRT ($\hat{\sigma}_a^2$)	0,58 ^{NS}	4,20*	6,03*	6,06*	7,70*	13,20*	9,44*	1,12 ^{NS}
$\hat{\sigma}_d^2$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	55,1184	8,1969	0,0000
LRT ($\hat{\sigma}_d^2$)	0,00 ^{NS}							
$\hat{\sigma}_b^2$	0,0131	0,0000	1,3285	0,4932	0,1097	531997,9	73405,43	6,0073
$\hat{\sigma}_e^2$	0,9187	51,9755	9,7029	7,7728	0,7459	34526236	5123039	12,4181
h_r^2 (%)	21,44	57,26	72,03	76,76	70,18	78,42	63,36	77,81
h_a^2 (%)	21,44	57,26	72,03	76,76	70,18	78,42	63,36	77,81
$rg\hat{g}$ (%)	46,31	75,67	84,87	87,61	83,77	88,55	79,60	88,21

$\hat{\sigma}_a^2$, $\hat{\sigma}_d^2$, $\hat{\sigma}_b^2$ e $\hat{\sigma}_e^2$: estimativas da variância aditiva, de dominância, do erro e do bloco, respectivamente.

LRT: Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade.

* Significativo ($P < 0,05$) pelo teste de χ^2 .

h_r^2 : herdabilidade no sentido restrito.

h_a^2 : herdabilidade no sentido amplo.

$rg\hat{g}$: acurácia seletiva.

As herdabilidades foram estimadas tanto no sentido amplo (h_a^2) como no sentido restrito (h_r^2) para todas as características avaliadas (Tabela 2). Dentre os caracteres com efeito aditivo significativo, os valores de herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) variaram de 57,26% (VITLUZ) a 82,09% (COMPGR).

A acurácia variou de 42,58% (DIVMS) a 90,61% (COMPGR) (Tabela 2). Pode ser observado que a maioria dos caracteres apresentaram alta magnitude na estimativa da acurácia, como COMPGR, PORCESP, FM, FF, MV e MS, o que indica melhor controle em relação às condições experimentais.

A partir do procedimento BLUP, os ganhos com seleção (GS) podem ser obtidos facilmente a partir das médias BLUP das populações avaliadas, uma vez que essas médias referem-se aos valores genotípicos estimados, isto é, já ajustados para os efeitos fixos de ambiente. Dessa forma, os valores de GS direto foram estimados em termos percentuais com intensidade de seleção variando de 5%, 10% e 15%, para os caracteres agronômicos (Tabela 3) e componentes de produção (Tabela 4).

Para os caracteres que não apresentaram significância pelo teste de LRT, os BLUP's e os ganhos com a seleção não foram apresentados devido ausência de variabilidade entre as populações avaliadas.

Em relação aos ganhos com a seleção (GS) terem apresentado sinal negativo em suas estimativas, isso se deve ao fato de que o ganho é no sentido de reduzir a expressão do caráter, ou seja, no caso da estimativa de florescimento masculino e feminino (Tabela 3), o interesse está nas cultivares mais precoces e a seleção baseia-se nas populações que necessitam de poucos dias para florescer e isso faz com que a estimativa apresente sinal negativo.

Mesmo considerando uma intensidade de seleção de 15%, os GS para os caracteres agronômicos foram de elevadas magnitudes para PROD (17,27%), SAN (-26,22%), MV (38,27%) e MS (22,42%). Enquanto para FM e FF, os GS foram de -5,5% e 5,74%, respectivamente. Para intensidades de 10% e 5%, os

ganhos variaram de -30,07% (SAN) a 46,65% (MV) e de -39,41% (SAN) a 58,08% (MV), respectivamente.

Tabela 3 Estimativas das médias Blup's e ganho direto com a seleção (GS), com intensidade de seleção a 5%, 10% e 15%, respectivamente, para os caracteres: florescimento masculino (FM, dias), florescimento feminino (FF, dias), matéria verde total (MV, kg/ha) e matéria seca total (MS, kg/ha). Lavras, MG

Trat	Médias Blup's			
	FM	FF	MV	MS
1	64,68	66,36	16417,49	9528,06
2	62,10	65,52	19477,36	10517,17
3	64,05	66,64	18902,10	10988,74
4	64,92	66,93	22935,60	11230,36
5	62,26	63,98	19090,29	10637,99
6	65,27	69,62	23177,39	9858,78
7	60,71	63,63	18426,81	9966,17
8	65,25	68,22	34028,79	14495,65
9	64,39	66,54	36463,65	14099,25
10	71,44	73,99	39237,81	13868,69
11	64,56	66,68	35840,64	13317,42
12	63,95	66,77	34765,98	13577,13
13	64,42	66,33	29009,25	12657,48
14	65,16	69,31	36486,26	12640,15
15	61,46	64,31	33763,29	12220,05
16	64,88	67,15	33722,84	13395,10
17	61,07	63,30	30750,81	12613,27
18	67,63	69,79	26448,31	10716,31
19	64,69	66,84	29362,97	12688,75
20	66,02	68,74	28003,19	10863,59
21	66,41	68,85	24137,52	11073,93
22	62,47	65,12	28182,71	12499,60
23	60,91	63,76	22960,26	9468,65
24	61,33	67,25	35692,20	14656,77
25	66,68	68,97	35822,92	13294,60
26	62,05	64,47	28209,84	12634,79
27	63,66	66,37	31211,01	12907,33
28	63,04	65,99	32468,69	12546,56

“Tabela 3, conclusão”

Trat	Médias Blup's			
	FM	FF	MV	MS
29	63,21	66,48	30194,35	12083,06
30	60,68	63,06	32107,37	14430,77
31	61,09	62,64	32762,33	13047,71
32	61,75	63,49	35873,71	13425,53
33	64,03	67,41	38599,27	15694,78
34	64,85	67,6	31013,18	13973,71
35	68,53	70,69	45725,44	15553,66
36	65,59	68,36	37764,25	14159,36
37	61,88	63,78	34473,67	15279,32
38	69,28	72,24	29320,85	12123,57
39	64,74	66,62	35968,67	14507,62
40	73,68	76,39	51538,82	16943,96
41	70,44	73,70	47792,02	16173,12
Mo	64,52	67,17	31417,8027	12838,02
GS (5%)	-5,93	-6,43	58,08	28,98
GS (10%)	-5,70	-6,02	46,65	25,34
GS (15%)	-5,50	-5,74	38,27	22,42

Mo: média inicial dos tratamentos de cada caráter antes da seleção.

GS: ganho obtido com a seleção, considerando 5%, 10% e 15% como intensidade de seleção, respectivamente.

Ainda para os caracteres agrônômicos, especialmente para PROD e MV, a testemunha 40 (BM 3061) mostrou-se com potencial de produção duas vezes maior que a média geral das populações S_0 em avaliação.

Ao considerar uma intensidade de seleção de 15%, observa-se elevado GS para COMPGR (26,27%) e MV (38,27%) (Tabela 3 e 4). Já para FM, FF e VITLUZ, os ganhos foram de pequena magnitude, com -5,50%, -5,74% e -15,91%, respectivamente. Porém, ao se aumentar a intensidade de seleção para 5%, o GS aumenta, sendo 43,21% (COMPGR), 58,8% (MV) e -20,75 (VITLUZ).

Tabela 4 Estimativas das médias Blup's e ganho direto com a seleção (GS), com intensidade de seleção a 5%, 10% e 15%, respectivamente, para os caracteres: produtividade de grãos (PROD, kg/ha), comprimento dos grãos (COMPGR, mm), sanidade das plantas (SAN, notas) e vitreosidade (VITLUZ, %). Lavras, MG

Trat	Médias Blup's			
	PROD	COMPGR	SAN	VITLUZ
1	2959,04	11,79	5,51	34,96
2	3377,01	12,76	5,98	38,00
3	3163,44	11,33	5,35	33,55
4	3319,82	11,43	5,01	44,08
5	3545,74	11,30	5,28	42,12
6	2659,04	10,64	5,71	40,85
7	3078,92	10,69	5,74	46,78
8	4597,67	13,55	4,03	39,34
9	5267,44	14,44	3,66	38,31
10	4708,37	14,75	3,87	45,47
11	4445,06	15,02	3,60	46,15
12	4152,95	10,91	4,03	52,21
13	3788,53	13,26	4,33	45,56
14	3794,60	11,09	3,75	50,78
15	4248,52	12,14	3,72	39,21
16	3469,58	11,98	4,29	46,28
17	4472,10	14,55	3,91	45,23
18	3860,15	13,55	3,54	46,17
19	4341,89	13,00	4,08	47,47
20	3301,96	11,87	4,51	40,03
21	3220,46	10,06	4,50	49,89
22	3039,90	12,48	6,13	44,30
23	3394,91	12,06	4,13	42,11
24	4333,53	13,65	4,04	36,24
25	4033,27	12,93	4,96	44,72
26	3940,38	12,28	4,15	43,63
27	4384,33	13,39	4,58	37,25
28	3773,91	9,420	4,61	46,31
29	3935,29	10,63	4,84	48,45
30	4706,64	10,64	5,92	47,01
31	4662,24	13,77	4,19	41,59
32	4871,94	12,03	4,84	48,11
33	5118,48	13,91	4,76	41,82

“Tabela 4, conclusão”

Trat	Médias Blup's			
	PROD	COMPGR	SAN	VITLUZ
34	4869,98	13,61	4,13	38,48
35	4460,48	15,46	3,52	44,34
36	4081,74	13,43	3,79	43,21
37	3757,58	11,14	4,77	46,85
38	4127,08	12,24	4,75	48,2
39	4787,50	10,69	4,73	40,01
40	9389,36	18,18	2,70	39,02
41	6729,16	18,16	2,70	38,07
Mo	4199,2680	12,6879	4,45	43,2234
GS (5%)	23,66	43,21	-39,41	-20,75
GS (10%)	19,83	31,67	-30,07	-17,86
GS (15%)	17,57	26,27	-26,22	-15,91

Mo: média inicial dos tratamentos de cada caráter antes da seleção.

GS: ganho obtido com a seleção, considerando 5%, 10% e 15% como intensidade de seleção, respectivamente.

Dentre as melhores populações selecionadas pelo índice (Tabela 5), ao considerar 10% de intensidade de seleção em relação ao total, quatro foram adotadas como as melhores populações (9, 24, 33 e 39), considerando pesos iguais entre os três caracteres de maior interesse (PROD, VITLUZ e MV), com o intuito de dar continuidade ao programa de melhoramento seja para utilização em cruzamentos ou autofecundações visando explorar híbridos a partir de linhagens endogâmicas.

Com base no ordenamento dos tratamentos pelos índices, estimou-se o ganho com a seleção para cada caráter via valores genotípicos anteriormente preditos por ocasião da análise dos dados.

O ganho indireto com a seleção a partir da seleção multivariada pelo índice aditivo foi de 16,13% para PROD, -9,55% para VITLUZ e 16,75% para MV.

Tabela 5 Melhores progênies identificadas pelo índice de seleção, considerando 10% de intensidade de seleção, com pesos iguais (33,33%) entre os cinco caracteres avaliados (PROD, VITLUZ e MV) e o ganho com a seleção (GS), com base no índice e para cada variável separadamente, bem como a classificação das melhores populações pelo valor genotípico predito para cada variável

Trat	Índice	Médias Blup's		
		PROD	VITLUZ	MV
9	0,0734	5267,44	38,31	36463,65
24	0,0283	4333,53	36,24	35692,20
33	-0,0970	5118,48	41,82	38599,27
39	-0,1452	4787,50	40,01	35968,67
Ms	-0,1118	4876,7375	39,095	36680,95
Mo	-0,7774	4199,2680	43,2234	31417,8027
GS (%)	-85,62	16,13	-9,55	16,75

Ms: média das populações selecionadas com base no índice, com intensidade de 10%.

Mo: Média original por caráter, considerando todos os tratamentos de cada caráter.

5 DISCUSSÃO

Detalhes de endosperma farináceo e vítreo podem ser observados na Figura 2, a partir de duas populações contrastantes quanto à textura dos grãos. O endosperma da população 33 caracteriza o endosperma farináceo e possui grânulos de amido arredondados, espaçados entre si e com ausência de matriz proteica contínua. Já o endosperma da população 38 caracteriza o endosperma vítreo e possui os grânulos de amido compactados, poligonais e envolvidos por matriz proteica. As características observadas no endosperma com grãos do tipo farináceo e vítreo estão de acordo com as descritas na literatura (DAVIDE et al., 2011; SMITH; DILDAY, 2004).

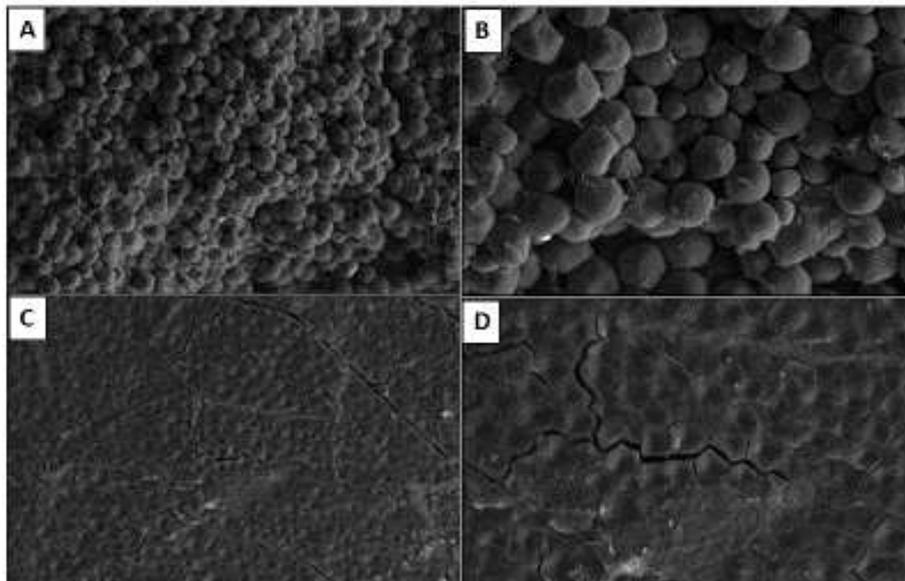


Figura 2 Ultramicrografia do endosperma de duas populações de milho contrastantes quanto à textura dos grãos. A e B – imagens do endosperma de um grão farináceo (tratamento 33). C e D – imagens do endosperma de um grão vítreo (tratamento 38), ambos com 1000x e 2500x de aumento, respectivamente

Em alguns caracteres avaliados, tais como os de componentes de produção, houve perda de parcelas que chegaram ao nível de 30% em relação ao total de parcelas, assim como por ter utilizado apenas duas repetições no experimento, o que justifica o emprego do REML/BLUP.

Outro fato que deve ser levado em conta é o grau de parentesco entre as populações, uma vez que alguns genitores utilizados nesse trabalho participaram mais de uma vez nos cruzamentos e conseqüentemente deram origem a populações aparentadas (Tabela 1).

Dessa forma, os valores genotípicos preditos e a estimação dos parâmetros genéticos foram obtidos pela abordagem REML/BLUP (máxima verossimilhança residual ou restrita/melhor predição linear não viciada) e são ainda mais precisos quando os dados são desbalanceados e sob presença de parentesco entre os genótipos em teste (RESENDE; DUARTE, 2007).

Através dos resultados da análise de deviance (ANADEV) (Tabela 2), pode ser observado que para a maioria dos caracteres avaliados a acurácia apresentou-se de mediana a alta magnitude (Tabela 2), como 90,61% (COMPGR), 88,55% (MV) e 88,21% (PORCESP). Nesse caso, pode-se inferir que houve boa confiabilidade para a estimação dos valores genotípicos reais das populações em teste a partir das informações experimentais (RESENDE; DUARTE, 2007).

Porém, para os caracteres bromatológicos da forragem, não ocorreu o mesmo, sendo observadas baixas magnitudes em relação à acurácia, como 48,28% (FDA), 53,36% (FDN), 42,58% (DIVMS) e 46,31% (PB), o que pode ser devido à ausência de variabilidade entre os tratamentos, uma vez que a acurácia está relacionada à herdabilidade do caráter e nesses casos há um predomínio de efeitos oriundos de causas não genéticas para esses caracteres.

A variabilidade genética foi observada entre as populações avaliadas para os caracteres agrônômicos e componentes de produção, no qual houve presença de variância aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$) diferente de zero e ausência de variância de dominância

($\hat{\sigma}_a^2$). Isso indica que para esses caracteres há um indicativo de genes de efeito aditivo controlando os caracteres e ausência de genes com efeito de dominância (GOMES et al., 2006).

Do ponto de vista de seleção, os caracteres FF e FM são interessantes, uma vez que as maiores variações observadas nesses caracteres são de natureza genética, podendo conciliar esses caracteres com os caracteres agrônômicos como MV e MS e PORCESP, o que torna possível a seleção de plantas mais precoces e com maior produtividade de massa para forragem.

Considerando os caracteres bromatológicos da forragem, não foi observada significância dos efeitos aditivos e de dominância. Devido à suscetibilidade a doenças foliares dos genótipos espanhóis, mesmo que as espigas ainda se apresentassem atrasadas em relação à colheita, com os grãos leitosos em início de enchimento, as folhas já se encontravam quase secas.

O elevado teor de matéria seca foliar no momento da colheita influenciou ao igualar as médias dos caracteres avaliados, o que dificultou a exploração das diferenças significativas a partir das avaliações bromatológicas, o que não permitiu observar a variabilidade existente entre as populações.

Isso também explica o elevado teor de matéria seca (MS) no momento da colheita, pois a maioria das populações, com exceção das testemunhas, tiveram teores de matéria seca acima de 33%, que é o valor considerado ideal para colheita de forragem (GOMES et al., 2006).

Na literatura existem relatos da existência de variabilidade para características bromatológicas da forragem (MENDES et al., 2008; TANG et al., 2008). Porém, os resultados de Mendes (2012) corroboram o nosso trabalho, pois verificou que ao avaliar a decomposição do efeito de genótipos na variação entre genitores, entre F1's e entre recíprocos, não houve variação significativa entre os genótipos para a DIVMS.

Como comentado anteriormente, no caso das estimativas relacionadas aos componentes de variância, predominou-se a variância aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$) em relação à variância de dominância ($\hat{\sigma}_d^2$) para a maioria dos caracteres avaliados (Tabela 2). Dessa forma, uma boa estratégia seria melhorar as linhagens visando à obtenção de híbridos (GOMES et al., 2004).

Um dos melhores parâmetros para se fazer inferência sobre o sucesso com o melhoramento de um dado caráter é a herdabilidade (GOMES et al., 2004). Assim como o ganho com a seleção, a herdabilidade pode ser estimada a partir dos componentes de variância associados aos genótipos e ao erro experimental (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005).

Assim, de posse dos valores da estimativa da herdabilidade, é possível verificar a existência de variabilidade para cada característica e possibilita direcionar para um método mais eficiente de melhoramento, o que permite antever a possibilidade de sucesso para a obtenção de cultivares apropriadas à produção de forragem.

No presente trabalho, o valor da estimativa da herdabilidade variou de 18,13% (DIVMS) a 82,09% (COMPGR) no sentido amplo e 0,03% (FDA) a 82,09% (COMPGR) no sentido restrito. As baixas estimativas de herdabilidade nos fornecem a ideia de que o valor fenotípico não mostrou ser um bom indicador do valor genotípico, ou seja, a maior fração da variação fenotípica deve-se a causas não genéticas e assim dificulta ganhos futuros com a seleção. Mais uma vez, isso pode ser observado para os caracteres bromatológicos avaliados pelo NIRS.

Maiores estimativas da herdabilidade, no entanto, indicam a existência de variação genética e a possibilidade de êxito no processo de seleção, principalmente nos caracteres em que foram observadas as maiores estimativas como COMPGR, FM, FF e MV.

Em um trabalho realizado por Oliveira et al. (2003) para avaliar o potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para forragem, foi verificado que a estimativa média da herdabilidade para a produtividade de matéria seca da forragem (MS) foi de 0,72 e para o potencial de produção de leite a média foi de 0,82, indicando, respectivamente, que 72% e 82% da variância observada entre os híbridos de milho são devido a fatores genéticos e, portanto, pode ser transmitida aos descendentes.

De maneira semelhante, tanto a herdabilidade no sentido amplo, quanto no sentido restrito apresentaram o valor de 63,36% para o caráter produtividade de matéria seca (MS), o que corrobora esses autores em relação aos ganhos genéticos que podem ser alcançados.

Em relação a avaliação da textura dos grãos (VITLUZ), nota-se também que esse método apresentou considerável valor de herdabilidade, tanto no sentido amplo quanto restrito (57,26%) e, conseqüentemente, maior ganho com a seleção para o caráter.

Correa et al. (2002), ao avaliar cinco híbridos brasileiros que representassem os genótipos de milho disponíveis no mercado interno de sementes, observaram que os híbridos brasileiros foram mais vítreos (73,1% do endosperma, variando de 64,2% a 80%) que 14 híbridos cultivados no estado de Wisconsin, EUA (48,2% do endosperma, variando de 34,9% a 62,3%). Isso evidencia a baixa oferta de sementes de híbridos de endosperma farináceo no Brasil e não existe tendência aparente de mudança dessa realidade.

Taylor e Allen (2005) avaliaram a digestão de milho vítreo (67,2% de vitreosidade) e farináceo (3,0% de vitreosidade) em vacas leiteiras fistuladas, consumindo dietas com aproximadamente 23% de grãos de milho moídos. A taxa de digestão ruminal do amido foi mais lenta e a taxa de passagem mais rápida para as dietas contendo milho de endosperma vítreo, o que fornece menor quantidade

de energia ao animal. Dessa maneira, a digestibilidade ruminal do amido foi 22 unidades percentuais maior no milho farináceo do que no vítreo.

Com o desenvolvimento de técnicas não destrutivas para obtenção da vitreosidade dos grãos, dependendo do método, essa avaliação pode ser realizada com mais precisão e agilidade em relação à quantificação dos conteúdos do endosperma do milho, como realizado nas populações S_0 avaliadas.

Isso porque a vitreosidade baseada no escore de identificação dos grãos tem sido questionada por observar apenas o pericarpo e não a constituição do endosperma (DAVIDE et al., 2011). Nesse caso, os grãos que apresentaram o endosperma opaco e não translúcido foram considerados como farináceos e, como vítreo, o endosperma duro e translúcido.

Deve ser salientado que o método de análise de imagem da translucidez do endosperma (VITLUZ) pode ser utilizado para diferenciar as populações no que se refere à quantidade de endosperma vítreo, uma vez que podem ser observadas diferenças expressivas entre os genótipos (Tabela 2), o que possibilita a exploração da variabilidade existente para o caráter e que confirma ser um método padrão para determinar a textura dos grãos (ERASMUS; TAYLOR, 2004).

Outra observação relevante é no que diz respeito à amostragem dos grãos para avaliação da vitreosidade, os quais devem ser amostrados em igual proporção na espiga, ou seja, deve-se levar em consideração a região basal, central e apical da espiga, devido à variação entre os grãos de uma mesma espiga de milho, independente de sua constituição genotípica. Isso decorre em função da maneira como são emitidos os estilos-estigmas. Assim, os grãos provenientes dos estilos-estigmas situados na região central da espiga podem ser fecundados primeiro, acumulando maior quantidade de fotossíntese do que aqueles oriundos da região basal e apical (CÁRCOVA; OTEGUI, 2007).

Foi observado que as populações 9, 33 e 34 tiveram as produções de 5267,44 kg/ha, 5118,48 kg/ha e 4869,98 kg/ha, respectivamente, para PROD; produções de 36463,65 kg/ha, 38599,27 kg/ha e 31013,18 kg/ha, respectivamente, para MV; produções de 14099,25 kg/ha, 15694,78 kg/ha e 13973,71 kg/ha, respectivamente, para MS. Apesar de apresentarem esses valores acima da média, também se mostraram ser bastante farináceos, com vitreosidades de 38,31% (9), 41,82% (33) e 38,48% (34), valores que estão abaixo da média geral.

Como foi observado, existe variabilidade para os caracteres agrônômicos e de componentes de produção. A inferência do potencial de ganhos com a seleção traz para os melhoristas uma confiabilidade na seleção de genótipos superiores. Para os principais caracteres com PROD, VITLUZ, MV e MS, os ganhos com a seleção foram acima de 15%, mesmo considerando uma intensidade menor na seleção, ou seja, de 15%.

Para a continuidade do programa de melhoramento com o objetivo de explorar híbridos a partir das melhores populações bases, torna-se necessária a seleção dos melhores genótipos. Dessa forma, o índice de seleção pode ser adotado como procedimento para a seleção agregando-se vários caracteres de interesse ao mesmo tempo.

Nota-se que o ganho com a seleção a partir do índice aditivo pode ser utilizado com sucesso, uma vez que forneceu ganhos expressivos com a seleção, como foi o caso dos caracteres PROD (16,13%) e MV (16,75%) (Tabela 5), o que justifica a utilização do índice para a seleção com base no ganho indireto.

A importância do germoplasma temperado de milho que associa alta produtividade a grãos de textura farinácea é necessária aos programas de melhoramento de milho para forragem no Brasil, uma vez que grãos farináceos presentes na forragem proporcionam um maior desempenho animal quando comparado aos grãos vítreos.

Almejando isso, nosso trabalho evidenciou a possibilidade de introgressão de um germoplasma temperado com características favoráveis à digestibilidade dos grãos, resultando em populações que permitem ganhos futuros a partir de uma variabilidade existente para seleção, o que poderá dar origem a híbridos propícios à produção de forragem de alta qualidade.

6 CONCLUSÕES

Houve variabilidade genética entre as populações no que diz respeito aos caracteres agrônômicos e componentes de produção avaliados, o que indica a possibilidade de ganhos futuros com a seleção a partir de genótipos temperados de grãos farináceos.

Os efeitos aditivos foram predominantes para os caracteres avaliados nas populações oriundas do cruzamento entre genótipos tropicais brasileiros com genótipos temperados.

A utilização do índice de seleção com base nos caracteres PROD, VITLUZ e MV, forneceu ganhos expressivos, o que justifica seu uso para obtenção de ganhos indiretos com a seleção.

REFERÊNCIAS

AGROCERES. **Guia Agroceres de sanidade**. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 76 p.

ALVES, E. **Introdução à microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: FAEPE, 2004. 43 p.

AZEVEDO, R. A.; ARRUDA, P. High-lysine maize: the key discoveries that have made it possible. **Amino Acids**, Wien, v. 39, n. 4, p. 979-989, Oct. 2010.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2nd ed. Woodburg: Stemma, 2010. 260 p.

BRIEGER, F. G. et al. **Races of maize in Brazil and other eastern south American countries**. Washington: NationalAcademyofSciences, 1958. 283 p.

CAETANO, H. et al. Nutritional characteristics and in vitro digestibility of silages from different corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 4, p. 708-714, 2011.

CÁRCOVA, J.; OTEGUI, M. E. Ovary growth and maize kernel set. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 3, p. 1104-1110, 2007.

CORREA, C. E. S. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, Nov. 2002.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 2, 585 p.

DAVIDE, L. M. C. et al. Assessment of genetic parameters of degradability in maize grains due to indentation scores. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, p. 347-352, June 2011.

ERASMUS, C.; TAYLOR, J. R. Optimising the determination of maize endosperm vitreousness by a rapid non-destructive image analysis technique. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 84, n. 9, p. 920-930, July 2004.

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

FELKER, F. C.; PAULIS, J. W. Quantitative estimation of corn endosperm vitreosity by video image analysis. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 6, p. 685-689, 1993.

FERREIRA, G. D. G. et al. Valor nutritivo da silagem de dez híbridos de milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 255-260, jun. 2011.

GEETHA, K. B. et al. Opaque-2 modifiers increase gamma-zein synthesis and alter its spatial distribution in maize endosperm. **The Plant Cell**, Rockville, v. 3, n. 11, p. 1207-1219, Nov. 1991.

GILMOUR, A. R.; CULLIS, B. R.; GOGEL, B. J. **Mixed models for S language environments ASReml-R reference manual**. Queensland: Department of Primary Industries and Fisheries, 2009. 148 p.

GOMES, M. D. S. et al. Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres visando à produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 406-421, 2006.

GOMES, M. D. S. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 879-885, jan. 2004.

HASJIM, J. et al. Kernel composition, starch structure, and enzyme digestibility of opaque-2 maize and quality protein maize. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, n. 5, p. 2049-2055, Mar. 2009.

HOLDING, D. R. et al. Genetic analysis of opaque2 modifier loci in quality protein maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 117, n. 2, p. 157-70, July 2008.

HOLDING, D. R.; LARKINS, B. A. The development and importance of zein protein bodies in maize endosperm. **Maydica**, Bergamo, v. 51, n. 3, p. 243-254, May 2006.

KEMPER, E. L. et al. The role of opaque2 in the control of lysine-degrading activities in developing maize endosperm. **The Plant Cell**, Rockville, v. 11, n. 10, p. 1981-1994, Oct. 1999.

LOPES, M. A. et al. Identification of two opaque2 modifier loci in quality Protein Maize. **Molecular and General Genetics**, v. 247, p. 603-613, 1995.

LOPES, M. A.; LARKINS, B. A. Endosperm origin, development, and function. **The Plant Cell**, Rockville, v. 5, n. 10, p. 1383-1399, Oct. 1993.

MARCONDES, M. M. et al. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 173-182, maio/ago. 2012.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis of forage quality**. Washington: USDA, 1985. 111 p. (Agriculture Handbook, 643).

MENDES, M. C. et al. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 285-297, 2008.

MENDES, M. H. S. **Análise dialéctica de híbridos para características agronômicas e bromatológicas da forragem de milho**. 2012. 60 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MERTZ, E. T.; BATES, L. S.; NELSON, O. E. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. **Science**, New York, v. 145, p. 279-280, 1964.

NASCIMENTO, G. W. et al. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 896-904, 2008.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P. de; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2001. p. 127-145.

OLIVEIRA, J. S. et al. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 62-71, 2003.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006. 6 p. (Circular Técnica, 75).

PEREIRA, J. L. D. A. R. et al. Influência das características qualitativas dos componentes da planta de milho na degradabilidade da matéria seca da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 158-170, 2011.

PEREIRA, M. N. et al. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 358-363, ago. 2004.

PEREIRA, M. N.; PEREIRA, R. A. N. Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM FORMULAÇÃO DE DIETAS PARA GADO LEITEIRO, 3., 2014, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2014. 1 CD-ROM.

PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F. L. D. de; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 238-243, 1999.

QUEIROZ, O. C. M. et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 358-365, 2008.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2012. 565 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 326 p.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

SMITH, C. W.; DILDAY, R. H. **Origin, history, technology, and production**. Austin: Texas A&M University, 2004. 627 p.

TANG, S. X. et al. Morphological fractions, chemical composition and in vitro fermentation characteristics of maize stover of five genotypes. **Animal: An International Journal of Animal Bioscience**, Cambridge, v. 2, n. 12, p. 1772-1779, Dec. 2008.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 4, p. 1413-1424, Apr. 2005.

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

WOLAK, M. E. Nativ: an R package to create relatedness matrices for estimating non-additive genetic variances in animal models. **Methods in Ecology and Evolution**, Oxford, v. 3, n. 5, p. 792-796, Oct. 2012.

WU, Y.; HOLDING, D. R.; MESSING, J. γ -Zeins are essential for endosperm modification in quality protein maize. **PNAS**, Washington, v. 107, n. 20, p. 12810-12815, 2010.

WU, Y.; MESSING, J. RNA interference-mediated change in protein body morphology and seed opacity through loss of different zein proteins. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 153, n. 1, p. 337-347, May 2010.