



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E  
MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE HÍBRIDOS E  
ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES PARA  
PRODUÇÃO DE SILAGEM EM MILHO**

**ANGELINA LUZIA CIAPPINA**

Orientadora:

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Pedroso Mendes Resende**

Coorientador:

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ozana de Fátima Zacaroni**

---

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:     Dissertação     Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

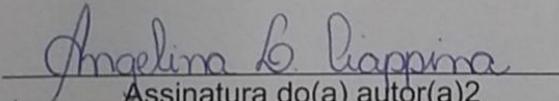
Nome completo do autor: Angelina Luzia Ciappina

Título do trabalho: Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho

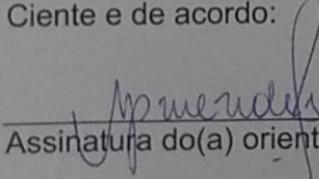
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação:

  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 29 / 08 / 2019

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

**ANGELINA LUZIA CIAPPINA**

**CARACTERIZAÇÃO DE HÍBRIDOS E ASSOCIAÇÃO  
ENTRE CARACTERES PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM  
EM MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientadora:

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Pedroso Mendes Resende**

Coorientador:

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ozana de Fátima Zacaroni**

Goiânia, GO – Brasil

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Ciappina, Angelina Luzia

Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho [manuscrito] / Angelina Luzia Ciappina. 2019.

CVII, 107 f.

Orientador: Profa. Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende; co orientadora Dra. Ozana de Fátima Zacaroni.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Goiânia, 2019.

1. Zea mays L.. 2. adensamento populacional. 3. correlação genética. 4. análise de trilha. 5. correlação canônica. I. Resende, Marcela Pedroso Mendes, orient. II. Título.

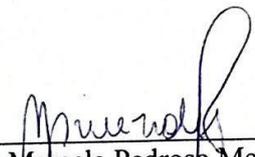
CDU 633

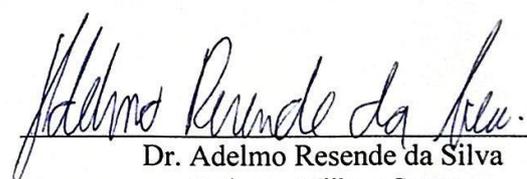


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS



**ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE Angelina Luzia Ciappina.** Aos dezoito dias do mês de julho do ano de dois mil e dezenove (18/07/2019), às 08h:00m no Auditório Professor Roland Vencovsky na Escola de Agronomia da UFG, reuniram-se os membros da Banca Examinadora: Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende (Presidente/Orientadora), Dr. Adelmo Resende da Silva, Dr. Wilton Ladeira da Silva, Sob a presidência da Orientadora, em sessão pública, procedeu-se à avaliação da defesa da Dissertação intitulada: **“Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho”** de autoria de **Angelina Luzia Ciappina**, discente do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, no nível de Mestrado da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. Em seguida, a palavra foi concedida a autora da Dissertação que, em 40 minutos, apresentou o seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu a Mestranda, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Ao final, a Banca reunida em separado procedeu à avaliação da defesa. A Dissertação foi considerada aprovada pela Banca Examinadora, cumprindo integralmente este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, pela Universidade Federal de Goiás, em conformidade com o estabelecido pela Resolução nº 1403/2016, do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura da UFG (CEPEC/UFG), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Para fins de publicação eletrônica, a Mestranda poderá efetuar as modificações eventualmente sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar à Secretaria do PGMP, respeitando-se o prazo máximo de **30 dias** após a data da Defesa. A conclusão do curso e a emissão do diploma dar-se-ão em conformidade com o estabelecido pela Resolução CEPEC nº 1403/2016. Cumpridas as formalidades de pauta, às 12:15 a Presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa da dissertação e, para constar eu, Weberth B. Sousa, Secretário do PGMP, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, em duas vias de igual teor.

  
Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende  
Presidente/Orientadora

  
Dr. Adelmo Resende da Silva  
Embrapa Milho e Sorgo

  
Dr. Wilton Ladeira da Silva  
EVZ/UFG

*“O que é sucesso? Rir muito e com frequência; ganhar o respeito de pessoas inteligentes e o afeto das crianças; merecer a consideração de críticos honestos e suportar a traição de falsos amigos; apreciar a beleza, encontrar o melhor nos outros; deixar o mundo um pouco melhor, seja por uma saudável criança, um canteiro de jardim ou uma redimida condição social; saber que ao menos uma vida respirou mais fácil porque você viveu. Isto é ter sucesso!”*

(Ralph Waldo Emerson)

À memória de minha mãe, Ivani Cristina Ciappina, que durante todo o tempo que esteve ao meu lado acreditou, incentivou e apoiou cada sonho. Ensinou-me a ter valores e a sempre buscar o meu melhor. Fez-me ver que o amor supera qualquer contato físico e se estende além da vida.

À memória de meu avô, José de Oliveira Santos, fonte de grande inspiração.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me permitir chegar até aqui e realizar esse sonho. Ao meu querido e amado pai, Celso Ciappina, por todo o apoio, incentivo e demonstrações de afeto. Aos meus irmãos, Isabel A. Ciappina e Savério J. Ciappina, pelo exemplo, suporte, união e contribuições oferecidas durante todo o percurso. À minha avó, Izabel M. dos Santos, e demais familiares pelo amor e torcida.

Agradeço a todos os professores do programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PGMP), da UFG/Goiânia, que foram fontes de inspiração e tanto me instigaram na busca pelo saber. Em especial a minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Marcela Pedroso Mendes Resende, pela oportunidade e contribuições.

Aos meus grandes amigos de longa data, Fernanda, Frederico, Paulo Cesar, Douglas, Luiz Henrique, Alexandre, Lara e Júlia, por me acompanharem e se fazerem presentes em mais esta trajetória.

A todos os amigos que fiz durante o mestrado, em especial, Pedro Henrique, Flávio, Ailton, Rodrigo, Ikio, Bianca, Laís, Naíze, Nayana, Luis Gabriel, Priscilla, Érica e Lays, Marcela, Túlio e Fabrizzio por toda a partilha de conhecimento e por me proporcionarem momentos memoráveis.

Ao Grupo de Estudo em Genética e Melhoramento de Plantas (GEMP), e todos seus integrantes, pela contribuição científica e auxílio durante a condução da parte experimental do projeto, em especial ao Jeová, Marcos e Luiz Augusto.

À equipe de trabalho do Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da EVZ/UFG, em especial o técnico Miron e alunos da pós-graduação Rogério e Fabiana, por terem me acolhido e instruído nessa etapa laboratorial.

À secretária do programa do PGMP, Jéssica, por toda prestatividade. Ao Sr. Antônio e Sr. Gilmar, funcionários da Ridesa, pela paciência e empatia. Aos demais funcionários da Escola de Agronomia/UFG que de alguma forma contribuíram para confecção deste projeto.

À Universidade Federal de Goiás e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade e incentivo para realização do curso com concessão de bolsa de estudo.

Por fim, agradeço a banca examinadora por suas valiosas contribuições.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>1      <b>INTRODUÇÃO .....</b></b>	<b>10</b>
<b>2      <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b></b>	<b>14</b>
2.1     SILAGEM DE MILHO .....	14
2.2     CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS .....	16
2.3     MELHORAMENTO DE MILHO PARA SILAGEM .....	17
2.4     ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES .....	20
2.5     REFERÊNCIAS .....	23
<b>3      <b>CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO SUPERIORES NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM .....</b></b>	<b>31</b>
RESUMO .....	31
3.1     INTRODUÇÃO .....	32
3.2     MATERIAL E MÉTODOS .....	34
3.2.1   Material genético .....	34
3.2.2 <b>Condução dos experimentos .....</b>	<b>34</b>
3.2.3 <b>Colheita e ensilagem .....</b>	<b>34</b>
3.2.4 <b>Caracteres avaliados.....</b>	<b>35</b>
3.2.5 <b>Análises estatísticas.....</b>	<b>37</b>
3.3     RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.3.1 <b>Caracterização agronômica dos híbridos em diferentes densidades de plantio .....</b>	<b>39</b>
3.3.2 <b>Caracterização bromatológica de híbridos em diferentes densidades de plantio .....</b>	<b>46</b>
3.4     IDENTIFICAÇÃO DE HÍBRIDOS SUPERIORES E ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO .....	56
3.5     CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
3.6     CONCLUSÕES .....	62
3.7     REFERÊNCIAS .....	62
<b>4      <b>ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS DE MILHO PARA SILAGEM.....</b></b>	<b>73</b>
4.1     INTRODUÇÃO .....	74
4.2     MATERIAL E MÉTODOS .....	75
4.2.1 <b>Material genético .....</b>	<b>75</b>
4.2.2 <b>Condução do experimento .....</b>	<b>75</b>
4.2.3 <b>Colheita e ensilagem .....</b>	<b>76</b>
4.2.4 <b>Caracteres avaliados.....</b>	<b>77</b>
4.2.5 <b>Análises estatísticas.....</b>	<b>78</b>
4.3     RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.3.1 <b>Correlações genéticas e fenotípicas .....</b>	<b>81</b>
4.3.2 <b>Efeitos diretos e indiretos dos caracteres na produção e qualidade da silagem .....</b>	<b>87</b>
4.3.3 <b>Associação o grupo de caracteres agronômicos e o grupo de caracteres bromatológicos .....</b>	<b>93</b>

4.4	CONCLUSÕES .....	95
4.5	REFERÊNCIAS .....	96
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>102</b>

## RESUMO

CIAPPINA, A. L. **Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho**. 2019. 107 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.<sup>1</sup>

Os híbridos de milho disponíveis no mercado não atendem todos os caracteres desejados para confecção de silagens com bom valor nutricional e alta produtividade. Para a condução de um programa de melhoramento visando atingir esses objetivos, é necessário caracterizar os genótipos que possam formar as populações base dos programas e entender a inter-relação entre os diversos caracteres de interesse para traçar as melhores estratégias de melhoramento. Os objetivos do presente trabalho foram: i) realizar a caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho, visando a identificação de genótipos superiores que possam compor populações base dos programas de melhoramento de milho para silagem; ii) estudar a inter-relação entre caracteres agrônômicos e bromatológicos em milho. Vinte e um híbridos comerciais de milho foram avaliados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, na safra 2017/18, em dois experimentos, utilizando a densidade convencional de plantio de 55.500 plantas.ha<sup>-1</sup>, e adensado, com 111 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, parcelas de uma linha de 4,00 m com vinte plantas espaçadas a 0,20 m. O espaçamento entre linhas foi de 0,90 m para a densidade padrão e 0,45 m para o experimento adensado. Os caracteres avaliados foram: florescimento masculino; florescimento feminino; intervalo de florescimento; altura de planta; altura da primeira espiga; posição relativa da espiga; número de fileiras na espiga; número de grãos por fileira; diâmetro de espiga; diâmetro de sabugo; comprimento de grão; comprimento de espiga; peso de espigas; peso de cem grãos; acidez (pH); teor de matéria seca; teor de matéria mineral; teor de matéria orgânica; proteína bruta; fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); nutrientes digestíveis totais (NDT); produtividade matéria verde e produtividade de matéria seca. Para o experimento com densidade de plantio convencional, foram estimadas as correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres dois a dois, e os efeitos diretos e indiretos desses caracteres na produtividade de matéria seca e no teor de NDT. Posteriormente, realizou-se uma análise de correlação canônica entre o grupo de caracteres relacionados à produtividade e o grupo de caracteres relacionados à qualidade da silagem. O aumento da densidade resultou em incremento na altura das plantas e redução das dimensões da espiga e biomassa produzida por planta, entretanto, garantiu maior produção por hectare. Os híbridos AS1596 e AG1051 apresentaram as melhores performance, podendo ser utilizados na formação de populações base nos programas de melhoramento de milho visando a produção e a qualidade de silagem, junto aos híbridos DKB310, BM3061, SHS7920, DKB390, P4285 e RB 9110. Foi identificada forte relação entre os componentes de espiga e a produtividade de biomassa, sendo que plantas com maiores produtividades de grãos podem ser utilizadas na seleção indireta para produtividade de matéria seca. Os teores de fibra apresentam correlação negativa com a digestibilidade da silagem e positiva com altura de plantas. O conhecimento dos efeitos indiretos dos caracteres entre si é importante para que o melhorista não tome decisões precipitadas apenas com base na estimativa de correlação. Por fim, é possível fazer melhoramento de milho para aumentar simultaneamente a produtividade e a qualidade da silagem.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L., adensamento populacional, correlação genética, análise de trilha, correlação canônica.

<sup>1</sup>Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Pedroso Mendes Resende. EA-UFG.

<sup>2</sup>Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ozana de Fátima Zacaroni. EVZ-UFG.

## ABSTRACT

CIAPPINA, A. L. **Hybrid characterization and character association for maize silage production.** 2019. 107 f. Dissertation (Master's Degree in Genetics and Plant Breeding) - School of Agronomy, Federal University of Goiás, Goiânia, 2019.<sup>1</sup>

The corn hybrids available on the market do not have all the desired traits for making silages with good nutritional value and high productivity. To carry out an improvement breeding program achieve these objectives, it is necessary to characterize the genotypes that can form the base populations of the programs and to understand the interrelationship between the various characters of interest to draw up the best strategies improvement. The objectives of the present work were: i) to perform the agronomic and bromatological characterization of maize hybrids, aiming at the identification of superior genotypes that may comprise base populations of maize breeding programs for silage; ii) to study the interrelationship between characters agronomic and bromatological conditions in maize. Twenty one commercial maize hybrids were evaluated at the Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, in the 2017/18 harvest, in two experiments, using the conventional planting density of 55,500 plants.ha<sup>-1</sup>, and with a density of 111,000 plants.ha<sup>-1</sup>. The experimental design was a randomized complete block with three replications, of a 4.00 m line with twenty plants spaced at 0.20 m. The line spacing was 0.90 m for the standard density and 0.45 m for the densified experiment. The evaluated characters were: male flowering; female flowering; range of flowering; plant height; ear height; ear placement; kernels per ear; number of grains per row; ear diameter; corncob diameter; grain length; ear length; ear weight; weight of one hundred grains; acidity (pH); dry matter content; mineral content; organic matter content; crude protein; neutral detergent fiber (NDF); acid detergent fiber (ADF); total digestible nutrients (TDN); green matter productivity and yield of matter dry. For the experiment with conventional planting density, genetic and phenotypic correlations between the two-to-two traits were estimated, and the direct and indirect effects of these traits on dry matter yield and TDN content. Subsequently, a canonical correlation analysis was performed between the group of characters related to productivity and the group of characters related to silage quality. The increase in density resulted in increase in plant height and a reduction in the size of the ear and biomass produced per plant, however, resulting in higher production per hectare. The AS1596 and AG1051 hybrids presented the best performance, and can be used in the formation of base populations in maize breeding programs for the production and quality of silage, along with hybrids DKB310, BM3061, SHS7920, DKB390, P4285 and RB 9110. A strong relationship was identified between ear components and biomass productivity, and plants with higher grain yields can be used in the indirect selection for dry matter yield. The fiber contents presented a negative correlation with the digestibility of silage and positive with plant height. Knowledge of the indirect effects of the characters between them is important so that the breeder does not make hasty decisions based solely on the correlation estimate. Finally, it is possible to improve maize to simultaneously increase the productivity and the quality of the silage.

*Keywords:* *Zea mays* L., population density, genetic correlation, path analysis, canonical correlation.

---

<sup>1</sup>Advisor: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Pedroso Mendes Resende. EA-UFG.

<sup>2</sup>Co-advisor: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ozana de Fátima Zacaroni. EVZ-UFG.

# 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae e representa um dos cereais mais cultivados e estudados no mundo. Destaca-se pela grande importância social e econômica, fornecendo produtos para alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria (Santos, 2015). A produção mundial de milho na safra 2017/18 foi superior a 1 bilhão de toneladas, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, com 82 milhões de toneladas (USDA, 2018; CONAB, 2018). O aumento na produção de milho a cada ano é devido, entre outros fatores, à adoção de bons genótipos, obtidos a partir de melhoramento genético, e à utilização de alta tecnologia no campo (Araujo et al., 2015; Couto et al., 2017).

Cerca de 70% da produção de milho é utilizada na alimentação animal, chegando a 85% em países desenvolvidos (Couto et al., 2017). Para a pecuária em sistema intensivo, o milho é considerado alimento fundamental na dieta animal devido ao alto teor energético e versatilidade, podendo ser utilizado na forma de grãos em regime concentrado ou silagem como volumoso (Ueno, 2012). É a gramínea mais utilizada na produção de silagem em virtude da facilidade de cultivo, alta produção de massa, facilidade de fermentação dentro do silo, bom valor energético e alto consumo pelos animais (Hülse, 2014; Oliveira & Sobrinho, 2005). Silagens de milho com alto valor nutritivo potencializam o desempenho de produção, tanto de carne como de leite, em ruminantes (Chaves, 2009; Oliveira et al., 2014).

Para obter uma silagem com elevada qualidade, a escolha da cultivar é de grande importância. Deve-se considerar o ciclo da cultivar, produção de grãos e massa seca, proporção de grãos e qualidade da fração verde, teor de lignina na planta e o tipo de grão, sendo preferidos genótipos com grão tipo farináceo. Entretanto, dificilmente todas estas variáveis encontram-se da forma desejada na mesma cultivar (Cruz, 1998; Fonseca et al., 2002). Isso se deve, sobretudo, à ausência de híbridos de milho que tenham sido desenvolvidos especialmente para esse fim (Gralak et al., 2017).

Segundo Taubinger (2012), menos de 1% das cultivares comercializadas no Brasil são destinadas exclusivamente para a produção de silagem. A maioria dos programas de melhoramento desenvolvidos no país não enfatizam este aspecto, devido ao baixo volume de sementes comercializadas apenas para este fim, sendo preferidos genótipos com dupla

aptidão (Mendes et al., 2008; Marcondes et al., 2012). Além disso, a recomendação de híbridos para silagem geralmente é baseada apenas na produtividade de grãos e de massa verde, desconsiderando avaliações do valor nutritivo do material, resultando em silagens com qualidade e características inferiores às desejadas (Gomes et al., 2004; Oliveira et al., 2014). Assim, é importante que tais programas desenvolvam híbridos e variedades que tenham bom valor nutricional, alta digestibilidade de matéria seca, baixa vitreosidade de grãos e boa proporção de material vegetal fibroso, visando silagens de melhor qualidade (Gralak et al., 2017).

Além do aumento da produção por planta, outra forma de elevar a produtividade é aumentando a densidade populacional. Atualmente o estande recomendado para a cultura do milho no Brasil varia de 50 a 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup> (Cruz et al., 2010). Porém, existe uma tendência de aumento do estande de milho para até 400 mil plantas.ha<sup>-1</sup>, o que pode proporcionar melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, menor incidência de plantas daninhas e otimização de maquinários (Combs & Bernardo, 2013; Mello, 2004; Neumann et al., 2017). Para a produção de silagem, essa estratégia é ainda mais interessante, pois cultivares com bom desempenho em plantios adensados possuem maior produção de massa verde total, tornando o genótipo mais propício ao uso para silagem, pois melhora sua qualidade devido à boa relação entre quantidade de grãos e de massa verde (Jaremtchuk et al., 2005; Mendes et al., 2008). Assim, os programas de melhoramento de milho para produção de silagem podem preocupar-se com o desenvolvimento de cultivares que forneçam alta produção de silagem com elevada qualidade, e que sejam adaptadas ao plantio mais adensado.

A primeira etapa de um programa de melhoramento é a escolha dos genótipos que irão compor a população base, a qual deve apresentar alta frequência de alelos favoráveis e variabilidade para os caracteres de interesse. Para isso, híbridos comerciais são frequentemente utilizados, pois são provenientes de programas de melhoramento distintos e, portanto, já acumulam alelos favoráveis para diversos caracteres (Chaves, 2009; Gralak et al., 2014; Neumann et al., 2017). Porém, como relatado anteriormente, normalmente genótipos de milho não são avaliados quanto à produção e qualidade de silagem e, quando há alguma informação, a falta de padronização durante o processo de caracterização dificulta a comparação dos materiais (Lopes et al., 2011). Assim, é imprescindível que os programas de melhoramento de milho para silagem realizem a caracterização agrônômica e

bromatológica dos híbridos existentes no mercado, a fim de escolher corretamente os genótipos que irão compor a população base do programa.

Durante a condução dos programas de melhoramento são avaliados e considerados diversos caracteres para a seleção dos genótipos. No melhoramento de milho voltado para silagem, o número de caracteres é ainda maior. O entendimento da associação genética entre esses caracteres também se faz importante para a escolha do procedimento de seleção mais apropriado, buscando maximizar o ganho genético por geração (Santos & Vencovsky, 1986; Cruz et al., 2004).

A associação entre os caracteres geralmente é avaliada através das estimativas das correlações genética e fenotípica. Por meio dessas estimativas, é possível conhecer a intensidade e a direção da associação entre dois caracteres, ou seja, o quanto a alteração de um caráter pode afetar outro (Oliveira et al., 2010). Entretanto, somente essa informação pode não ser suficiente para esclarecer a relação entre os caracteres de interesse, já que não considera a influência de outros caracteres na associação, ficando difícil definir os efeitos diretos e indiretos de cada caráter (Cruz et al., 2004).

Para resolver esse problema, Wright (1921) propôs a metodologia de análise de trilha, que desdobra as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre uma variável principal, estimados a partir de regressão múltipla estandarizada (Cruz et al., 2004). Com isso, é possível quantificar as contribuições relativas de cada caráter sobre uma variável resposta de interesse, assumindo uma rede de inter-relações de variáveis (Lynch & Walsh, 1998). Por meio dessa análise, a interpretação de correlações complexas entre caracteres pode ser facilitada, auxiliando os programas de melhoramento na interpretação das magnitudes dos ganhos da seleção direta e indireta (Oliveira et al., 2010; Cabral et al., 2016).

Outra abordagem para estudar a associação entre caracteres é a análise de correlação canônica, que tem como objetivo principal a identificação e quantificação das relações lineares existentes entre dois conjuntos de caracteres (Johnson & Wichern, 2002). A informação de cada conjunto é resumida em combinações lineares (pares canônicos) que fornece a correlação máxima entre os grupos. Nesse caso, não há distinção entre variável independente e dependente, apenas dois conjuntos de caracteres entre os quais se busca a máxima correlação (Sartorio, 2008).

Assim, com este estudo objetiva-se: i) realizar a caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho sob diferentes densidades populacionais de cultivo,

visando a identificação dos genitores que irão compor a população base do programa de melhoramento de milho para silagem; ii) estudar a inter-relação entre caracteres agronômicos e bromatológicos em milho para subsidiar o processo de seleção no programa de melhoramento de milho para silagem.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 SILAGEM DE MILHO**

A ensilagem é o processo de fermentação de material vegetal que impede sua degradação e mantém suas propriedades nutricionais, permitindo o armazenamento em longo prazo para ser fornecido na alimentação animal (D'Oliveira & Oliveira, 2014). Quando a ensilagem ocorre dentro dos parâmetros normais estabelecidos, a silagem pode se assemelhar, no que diz respeito às características nutritivas, à planta que lhe deu origem, resultando em boa produção de leite e carne (Novaes et al., 2004).

A silagem tem sido bastante utilizada por pecuaristas durante o período da seca, em que há menor produtividade das plantas forrageiras e, conseqüentemente, menor disponibilidade de alimento para os animais (Gonçalves et al., 2009). Também é utilizada em sistema de confinamento como principal alimento volumoso, juntamente com concentrados (Pereira et al., 2007). Dentre os benefícios oferecidos pela utilização da silagem, podem-se destacar a possibilidade de conduzir maior número de animais por unidade de área, maximização da produção de carne e leite, complementação alimentar durante o período seco para manutenção do gado, possibilidade de armazenamento de grande quantidade de alimento em espaço reduzido e manejo racional das pastagens (Novaes et al., 2004).

A cultura escolhida para produzir silagem deve apresentar produção de matéria seca acima de 18 t/ha, proteína bruta superior a 7%, teor energético maior que 70% e baixa concentração de fibras, com FDN abaixo de 50% e FDA menor que 30% (Paziani et al., 2009). O milho é uma das principais culturas utilizadas na produção de silagem devido a facilidade de cultivo e tecnologia disponível, sendo ofertadas no mercado cultivares adaptados às diversas condições climáticas, com rendimento de matéria seca satisfatório, facilidade de fermentação, bom teor de energia e de matéria verde, além de ser bem aceito pelos animais (Miranda et al., 2002).

O híbrido de milho destinado à produção de silagem deve possuir alta digestibilidade de grãos, baixo teor de lignina na planta e alta produção de massa verde, além

das características agronômicas usualmente desejadas, como resistência a pragas e doenças e alta produtividade de grãos (Nussio et al., 2001). Entretanto, as cultivares de milho disponíveis no mercado atualmente para produção de silagem não possuem as características químicas e nutricionais necessárias para obtenção de uma silagem de boa qualidade, principalmente quando comparadas às cultivares norte-americanas recomendadas para silagem, resultando em menor digestibilidade e baixa eficiência alimentar dos animais (Correa et al., 2002; Fonseca et al., 2002; Pfann et al., 2009; Santos et al., 2015).

Diversos caracteres são utilizados para avaliar a qualidade da silagem. Um dos principais é o teor de matéria seca, que indica o período ótimo de corte da planta, sendo aconselhada a realização da colheita quando as plantas atingirem teores entre 30 e 35% de matéria seca. Esta variável influencia o processo de fermentação da forragem, o aumento do rendimento, a quantidade de amido e carboidratos, e reduz a quantidade de fibras (Nussio et al., 2001).

A fibra em detergente neutro (FDN) representa a quantidade total de fibras presentes no volumoso, estando relacionada à quantidade de matéria seca que será ingerida pelos animais. Para obter maior consumo de matéria seca é estabelecido o padrão para FDN de 50%. O indicativo de digestibilidade da silagem é a fibra em detergente ácido (FDA), que fornece a quantidade de fibra não digestível pelos microrganismos do rúmen. Está relacionada ao valor energético da silagem, em que quanto maior a quantidade de lignina no material, menor o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT). Considera-se uma silagem de boa qualidade aquela que possui até 30% de FDA (Cruz, 1998).

A acidez, medida pelo pH, também indica a qualidade da silagem. É importante para o controle e inibição de microrganismos prejudiciais na conservação do produto, sendo ideais silagens com valores de pH inferiores a 4,0 (Ferrari Junior et al., 2005). Outro caráter que deve ser considerado é a quantidade de proteína bruta, que interfere diretamente no valor nutritivo da silagem. Uma silagem de boa qualidade deve ter de 7 a 10% de proteína bruta (Marcondes et al., 2012).

Há falta de informações detalhadas pertinentes ao comportamento agronômico, produtivo e valor nutritivo das cultivares de milho disponíveis no mercado, tornando-se um obstáculo para o planejamento da escolha dos híbridos que serão destinados à produção de silagem. Assim, a realização de pesquisas de caracterização dos genótipos é necessária para a recomendação adequada do híbrido com melhor relação entre produção e valor nutritivo da silagem (Rosa et al., 2004; Marcondes et al., 2012). Além disso, a realização de uma

caracterização detalhada dos genótipos é imprescindível para fornecer informações aos programas de melhoramento que tenham por objetivo desenvolver novas cultivares de milho para produção de silagem.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS

A fase inicial de qualquer programa de melhoramento é a escolha dos genótipos que serão utilizados como genitores na formação das populações base do programa (Ramalho et al., 2012). Uma estratégia é a utilização de germoplasma comercial, que além de reduzir o tempo destinado ao melhoramento de características básicas para a comercialização, já que aproveita o melhoramento realizado na obtenção desses genótipos superiores, aumenta a probabilidade de obtenção de genótipos transgressivos para os caracteres de interesse. No caso do melhoramento de milho, é importante que a população base seja formada por genótipos com alelos favoráveis e contrastantes nos locos com presença de dominância para que seja possível explorar a heterose dos cruzamentos (Falconer & Mackay, 1996).

O primeiro passo no processo de escolha dos genitores é a caracterização dos genótipos disponíveis, a fim de verificar se há diversidade genética entre os genótipos e se estes podem contribuir com alelos favoráveis para os caracteres de interesse. A diversidade entre os genitores é interessante porque indica a complementariedade dos genótipos, essencial para obtenção de híbridos que combinem características de interesse de ambos os genitores. A obtenção de uma população com variabilidade genética é, então, fundamental para se ter sucesso na seleção (Bernardo, 2010). Conhecer a diversidade genética melhora a organização do germoplasma, o que resulta em uma amostragem mais eficiente de genótipos (Nienhuis et al., 1993).

A caracterização dos genótipos pode ser realizada através de descritores morfológicos, marcadores moleculares e/ou caracteres agronômicos. Com isso, é possível classificar os genótipos, construindo um catálogo de descritores com informações essenciais para o gerenciamento da população e uso pelo programa de melhoramento (Faleiro et al., 2008).

A caracterização agronômica tem por objetivo a descrição fenotípica dos genótipos para caracteres de interesse agrônomo, tais como produtividade de grãos, altura da planta, ciclo e resistência a pragas e doenças, indicando quais indivíduos apresentam o

fenótipo desejado para o melhorista. Contudo, há falta de uniformidade nos métodos de caracterização, resultando em genótipos com descrição inadequada e/ou insuficiente para serem usadas nos programas de melhoramento. Este problema pode ser observado até mesmo em híbridos comerciais que, obrigatoriamente, passaram por um programa de melhoramento (Rossi, 2014). Tal fato reforça a importância da etapa de caracterização (Paterniani et al., 2000).

Todos os caracteres de interesse do programa de melhoramento devem ser incluídos no estudo de caracterização, pois a seleção de genótipos baseada em uma ou poucas características pode reduzir as chances de êxito em obter híbridos competitivos (Freitas et al., 2012). Em um programa de melhoramento de milho voltado para a qualidade da silagem, a caracterização deve ser feita não só para os caracteres agronômicos, mas também para caracteres bromatológicos que fornecem informações sobre a qualidade da silagem. Portanto, é fundamental a caracterização dos genótipos para digestibilidade, quantidade de fibras, proteína, acidez, entre outros (Nussio et al., 2001; Gralak et al., 2014). A partir da obtenção das características de cada genótipo, da confirmação da existência de diversidade genética e de alta frequência de alelos favoráveis, dá-se à início obtenção da população base para condução do programa de melhoramento visando obter genótipos superiores.

### 2.3 MELHORAMENTO DE MILHO PARA SILAGEM

Inicialmente, as pesquisas destinadas ao melhoramento de milho para produção de silagem buscavam obter genótipos com boa produção de matéria verde, sem a preocupação com o valor nutritivo da silagem. Os genótipos de interesse possuíam porte alto e recomendava-se alta densidade de semeadura. Com o passar dos anos e com o avanço tecnológico, as pesquisas tomaram um rumo diferente e começaram a dar importância à qualidade da silagem considerando o potencial de produção de grãos da cultura, já que o grão é a parte mais digestível e com maior quantidade de nutrientes (Mendes et al., 2008).

A proporção de grãos por quantidade de massa verde passou a ser utilizada como critério para atestar a qualidade da silagem. Contudo, apenas este dado não é suficiente para prever o valor nutricional da forragem, sendo interessante que a seleção feita pelos programas seja baseada, principalmente, para digestibilidade da planta (Barrière et al., 1992; Marcondes et al., 2012). Com isso, passou-se a recomendar híbridos que, além da elevada

produção de matéria seca e alta contribuição de grãos na massa ensilada, apresentassem maior digestibilidade da fração fibrosa da planta (Gralak et al., 2014).

Na busca por aprimoramento do valor nutricional da silagem, os programas de melhoramento genético devem buscar genótipos de alta digestibilidade, visando eficiência na conversão alimentar e maior aproveitamento do alimento pelo animal. Também devem ser priorizados genótipos com elevado conteúdo protéico para diminuir a necessidade do uso de suplementos que aumentam os custos da produção (Xie et al., 2008).

Alguns trabalhos relacionados ao melhoramento de milho para silagem estão disponíveis na literatura, tendo como prioridade a qualidade da silagem (Ferreira et al., 2007; Chaves, 2009; Buso et al., 2018). Mello et al. (2005) observaram que híbridos comerciais de ciclo normal, porte elevado e boa produção de biomassa resultam em silagens com maior contribuição de colmo e folhas. Contrapondo, híbridos de ciclo precoce, menor porte e menor produção de massa verde tendem a proporcionar silagem com maior participação de espigas, sendo estas mais energéticas e digestíveis aos animais. Entretanto, deve-se procurar obter espigas com menor fração de sabugo (Zopollatto et al., 2009). O sabugo é, em grande maioria, constituído de parede celular de baixa qualidade, o que contribui para a diminuição do valor nutritivo da forragem. Dessa forma, selecionar genótipos com espigas com baixa fração de sabugo contribui para o aumento do valor nutritivo da silagem.

O aumento ou redução da digestibilidade está altamente relacionado com a proporção de tecidos e elementos que compõem o colmo. A composição bromatológica e estrutural do colmo é elemento fundamental para determinar a digestibilidade, tanto da matéria seca como da parede celular, dos genótipos de milho destinados à produção de silagem (Ferreira et al., 2007). Os componentes da parede celular são os fatores que mais interferem na qualidade da matéria seca da planta de milho, sendo que a porcentagem de lignina na matéria seca é o componente mais representativo (Penati, 1995).

A seleção de genótipos para digestibilidade e, conseqüentemente, maior qualidade da silagem, pode ser feita sem afetar outros caracteres de interesse, pois a correlação dos caracteres agrônômicos e bromatológicos com a degradabilidade é baixa (Mendes et al., 2008). Entretanto, fator importante a ser analisado é o teor vítreo do grão, pois este possui relação inversa com a degradabilidade, sendo que o aumento de um resulta em redução do outro. Grãos com maturação mais avançada possuem maior vitreosidade, resultando em silagens com menor degradabilidade. Dessa forma, a época de colheita pode aumentar a digestibilidade da silagem, sendo importante o acompanhamento constante

durante a fase de maturação. Além disso, o tipo de grão também interfere em sua vitreosidade, sendo que a proporção de endosperma vítreo dos híbridos de grãos dentados é menor que nos híbridos de grãos duros, indicando que genótipos com grãos do tipo dentado tendem a proporcionar silagem com maior digestibilidade pelos animais (Pereira et al., 2004).

É possível observar preferência de híbridos com grãos dentados nos Estados Unidos e em países da Europa, pois acredita-se que esse tipo de grão apresenta taxa de degradabilidade 1,5 vezes superior à do milho tipo duro (Philippeau & Michalet-Doreau, 1998). Correa et al. (2002) compararam híbridos de grãos tipo duro brasileiros e híbridos com grãos de textura dentada dos Estados Unidos, e constataram que grãos com textura dentada possuem maior degradabilidade e, conseqüentemente, maior disponibilidade de amido para o animal. Santos et al. (2015) relatam que os híbridos brasileiros com textura do tipo dentada possuem maior vitreosidade que os híbridos com grãos do tipo duro americanos, média de vitreosidade de 73,1% e 48,2% respectivamente, ou seja, os híbridos de grãos duros americanos possuem maior digestibilidade que os híbridos de grãos dentados brasileiros. Esses dados indicam que os híbridos de milho brasileiros não apresentam boa digestibilidade, ou seja, não possuem as características necessárias para obtenção de silagem com alta qualidade.

Para Mello (2004), o objetivo principal dos programas de melhoramento que visam aumentar a qualidade da silagem deve ser a obtenção de híbridos com elevados índices de produtividade de grãos, elevada digestibilidade, alta produção de massa verde e adaptados à região de cultivo. Destaca, ainda, o interesse em aumentar a densidade populacional das lavouras de milho com redução do espaçamento entre linhas. Como resultado, seria obtido melhor aproveitamento de água, luz, nutrientes, redução da competitividade com plantas daninhas, otimização de maquinários, dos tratos culturais e da colheita. A produção de material vegetal por área também seria favorecida, melhorando a relação entre quantidade de grãos e massa verde total. Isso resultaria em maior produção de silagem e maior interesse dos programas de melhoramento em desenvolver cultivares específicos para esta área.

Considerando o cultivo de milho para produção de grãos, Silva et al. (2014) e Stacciarini et al. (2010) observaram incrementos na produção das populações mais adensadas e em menor espaçamento entre linhas, indicando que o aumento da densidade populacional, através da redução do espaçamento, pode aumentar consideravelmente a produtividade. Mansfield & Mumm (2014) avaliaram híbridos americanos quanto à

tolerância ao adensamento populacional e identificaram híbridos que se mostraram promissores para plantios com populações acima de 116 mil plantas.ha<sup>-1</sup>

Estes estudos mostram o potencial da cultura do milho para melhorar a qualidade da silagem e, concomitantemente, aumentar a produção. É possível observar, também, a diversidade existente entre os genótipos, favorecendo pesquisas voltadas ao melhoramento da cultura. Entretanto, ainda existem dúvidas quanto aos caracteres que devem ser priorizados na seleção visando aumento da produtividade e qualidade da silagem de milho, bem como a relação genética entre esses caracteres.

## 2.4 ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES

O grau de associação entre caracteres é avaliado através das estimativas de correlação (Steel & Torrie, 1960; Kempthorne, 1973). A correlação é um parâmetro adimensional que mede a intensidade da associação entre dois caracteres, variando de -1 a 1. Quanto mais próximas de |1|, maior a associação entre os caracteres. É positiva quando as magnitudes dos dois caracteres aumentam (ou diminuem) simultaneamente, e negativa quando a magnitude de um caráter aumenta enquanto a do outro diminui (Pinto, 1995; Revolti et al., 2016). A correlação pode, ainda, ser nula, quando não há associação entre os caracteres. Por ser uma medida adimensional, esse parâmetro permite a comparação entre diferentes pares de caracteres, independente das suas unidades de medida (Gonçalves et al., 2008).

A importância da correlação entre caracteres reside na possibilidade de se avaliar o quanto a alteração ou seleção em determinado caráter pode afetar outros, especialmente para o melhoramento de plantas. Caracteres com alta correlação entre si favorecem o uso de seleção indireta, normalmente efetuada na variável com herdabilidade mais alta, menor complexidade e de fácil mensuração. Essa estratégia permite obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta, de forma que otimize os ganhos nos programas de melhoramento (Carvalho et al., 2004).

A natureza das associações pode ser de ordem fenotípica, genotípica e ambiental. A correlação fenotípica é estimada a partir das médias observadas, podendo ser resultante de causas genéticas e ambientais (Vencovsky & BARRIGA, 1992). Pode ser estimada por:

$$r_{F(XY)} = \frac{\widehat{COV}_{F(XY)}}{\hat{\sigma}_{F_X} \cdot \hat{\sigma}_{F_Y}}$$

Em que:

$r_{F(XY)}$ : coeficiente de correlação fenotípica entre os caracteres X e Y;

$\widehat{COV}_{F(XY)}$ : covariância fenotípica entre os caracteres X e Y;

$\hat{\sigma}_{F_X}$ : desvio-padrão fenotípico do caractere X;

$\hat{\sigma}_{F_Y}$ : desvio-padrão fenotípico do caractere Y.

Em muitos casos, entretanto, a correlação fenotípica pode ter pouca aplicabilidade, pois tem por base efeitos genéticos e ambientais, induzindo o melhorista a erros (Chaudhary et al., 1973). Assim, torna-se necessário fazer a distinção do que se deve a causas genéticas e a causas ambientais, visando maximizar a eficácia da seleção (Oliveira et al., 2010).

A associação genética entre variáveis pode ocorrer devido a efeitos pleiotrópicos, quando os mesmos genes expressam dois ou mais caracteres, ou devido a ligação gênica, quando os genes responsáveis pela expressão de dois caracteres encontram-se próximos no mesmo cromossomo (Falconer & Mackay, 1996; Ramalho et al., 2012). A correlação genética é a que tem maior importância nos programas de melhoramento, pois é possível de ser herdada (Ferreira et al., 2003). O seu estimador é:

$$r_{G(XY)} = \frac{\widehat{COV}_{G(XY)}}{\hat{\sigma}_{G_X} \cdot \hat{\sigma}_{G_Y}}$$

Em que:

$r_{G(XY)}$ : coeficiente de correlação genética entre os caracteres X e Y;

$\widehat{COV}_{G(XY)}$ : covariância genética entre os caracteres X e Y;

$\hat{\sigma}_{G_X}$ : desvio-padrão genético do caráter X;

$\hat{\sigma}_{G_Y}$ : desvio-padrão genético do caráter Y.

A análise da correlação entre caracteres em milho têm sido tema de estudo em diversos trabalhos, objetivando, principalmente, encontrar caracteres que sejam mais

relacionados com a produtividade de grãos. Observa-se correlação positiva entre dias para florescimento feminino e masculino; entre altura de planta e de espiga; e entre estas com peso de espiga e com peso de grãos, que são os principais caracteres considerados pelos programas de melhoramento. Estes apresentam, ainda, alta correlação positiva entre si. Também observa-se correlação positiva entre os componentes de espiga, como prolificidade, número de grãos por fileira, número de fileiras de grãos, diâmetro da espiga, peso de 100 grãos e outros, entre si e destes com a produtividade de grãos e de espigas (Silva, 2018; Crispim Filho, 2018; Câmara et al., 2007; Gomes et al., 2004; Lorenz et al., 2009; Combs & Bernardo, 2013).

Embora tenha grande utilidade para o melhoramento de plantas, a interpretação dada aos estudos de correlação pode causar equívocos nas estratégias de seleção, pois uma correlação alta entre dois caracteres pode ser resultado do efeito de um terceiro, ou de um grupo de outros caracteres (Cruz & Regazzi, 1997; Cruz et al., 2004). Além disso, uma estimativa de correlação igual a zero não necessariamente indica que dois caracteres não são correlacionados; nesse caso, a correlação pode não ser linear ou pode não ter sido identificada na população sob estudo. Para evitar isso Wright (1921) propôs a metodologia de análise de trilha, que tem por finalidade investigar as causas e efeitos envolvidos na associação entre caracteres. Essa análise é baseada em identificar a contribuição das variáveis secundárias, de forma direta e indireta, sobre uma variável básica, ou principal.

Utilizando análise de trilha em linhagens de milho híbrido, Souza et al. (2014) concluíram que peso de cem grãos foi o componente de rendimento com maior efeito direto sobre a produção de grãos, sendo assim, o mais indicado para seleção indireta para a produção. Observou, ainda, que altura de espiga foi o componente secundário de maior relevância nessa seleção indireta para produção. Já Carvalho et al. (2001) concluíram que os caracteres que mais interferem na produção de grãos por planta foram o número de espigas por planta e o peso de grãos.

Uma limitação da análise de trilha é o fato de se utilizar apenas uma variável principal, visto que alguns estudos possuem grupos distintos para análises, com duas ou mais variáveis respostas (Cruz & Regazzi, 1997). Solução possível para este problema é a utilização simultânea das correlações canônicas, que têm por finalidade determinar combinação linear para os grupos de variáveis, visando maximizar a correlação entre grupos (Witten & Tibshirani, 2009). É a opção mais adequada em situações com elevado número de caracteres (Hair et al., 2009). Essa técnica pode ser utilizada, por exemplo, para avaliar

as relações entre parte aérea e sistema radicular, caracteres primários e secundários da produção, e/ou caracteres fisiológicos e agronômicos, entre outros (Santos et al., 1994).

Alves et al. (2016) estudaram, por meio de correlações canônicas, a associação entre grupos de caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos com caracteres nutricionais, tanto proteicos quanto energéticos em genótipos de milho. Foi observada dependência linear entre os caracteres fenológicos e nutricionais energéticos, indicando que caracteres fenológicos podem ser utilizados na seleção indireta para qualidade nutricional e energética em grãos de milho. As demais correlações entre os grupos de caracteres se mostraram independentes da qualidade nutricional, o que não deixa de ser um resultado favorável, pois possibilita obter ganhos simultâneos para os grupos de caracteres.

O uso de correlações canônicas, simultaneamente à análise de trilha, é interessante para programas de melhoramento voltados a produção de silagem, visto que tanto os caracteres agronômicos quanto bromatológicos são importantes para obtenção de híbridos superiores. O uso destas ferramentas pode auxiliar o melhorista na seleção dos genótipos, resultando no sucesso do programa de melhoramento.

## 2.5 REFERÊNCIAS

ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; TOEBE, M. Correlações canônicas entre caracteres agronômicos e nutricionais proteicos e energéticos em genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 171-185, 2016.

ARAUJO, G. L.; MANTOVANI, E. C.; VIEIRA, G. H. S.; COSTA, M. S. Modelos para a estimativa da produção de biomassa aplicados à cultura do milho. **Revista da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu**, Manhuaçu, v. 12, n. 1, p. 43-56, 2015.

BARRIÈRE, Y.; TRAINÉAU, R.; EMILE, J. C.; HEBERT, Y. Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. **Euphytica**, Lusignan, v. 59, n. 1, p. 61-72, 1992.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 ed. Stemma Press: Woodbury, 2010. 390p.

BUSO, W. H. D.; MACHADO, A. S.; RIBEIRO, T. B.; SILVA, L. O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v. 5, n. 4, p. 74-80, 2018.

CABRAL, P. D. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS, I. L. J.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C. Relação causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de

expansão do grão em milho-pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 108-117, 2016.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CARVALHO, C. G. P.; BORSATO, R.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S. Path analysis under multicollinearity in  $S_0 \times S_0$  maize hybrids. **Crop Breeding and Applied biotechnology**, Viçosa, v. 1, n. 3, p.263-270, 2001.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2004. 141 p.

CHAUDHARY, D.; SRIVASTA, D. P.; GHOSH, A. K.; SEETHARA, R. Genetic variability and correlation for yield components in rice. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Ludhiana, v. 43, n. 1, p. 181-184, 1973.

CHAVES, L. G. **Seleção de genitores comerciais e controle genético de características agrônômicas e nutricionais de plantas de milho para silagem**. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

COMBS, E.; BERNARDO, R. Genomovide selection to introgress semidwarf corn germplasm into U.S. Corn Belt inbreds. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 1, p. 1427-1436, 2013.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira– grãos: 10º levantamento, julho 2018 – safra 2017/2018.**: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/21088\\_8ca248b277426bb3974f74efa00abab6](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/21088_8ca248b277426bb3974f74efa00abab6)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lavras, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

COUTO, C. A.; SILVA, E. M.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, M. T. P.; VASCONCELOS, J. C.; SILVA, A. R.; SOBREIRA, E. A.; MOURA, J. B. Desempenho de cultivares de milho destinados para produção de milho verde e silagem. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 232-251, 2017.

CRISPIM FILHO, A. J. **Estimação de parâmetros genéticos e análise de trilha em uma população de milho com potencial para seleção recorrente**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. v.1. 480 p.

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

CRUZ, J. C. Cultivares de milho para silagem. In: **Congresso nacional de estudantes de zootecnia**, 1998, Viçosa. **Anais eletrônicos**, Viçosa: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/481822/1/Cultivaresmilho.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CRUZ, P. G.; FIGUEIREDO, M. P.; PEREIRA, L. G. R.; BERGAMASCHI, K. B.; RODRIGUES, C. S.; RECH, C. L. S. Fracionamento e cinética da fermentação ruminal in vitro dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 4, p. 784-793, 2010.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro. **Comunicado Técnico 74 – Embrapa Gado de Leite**, Juiz de Fora, v. 1, n. 1, 10 p, 2014.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Londres: Longman Group, 1996. 464 p.

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. **Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 168 p.

FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; ANDRADE, J. B. Características agronômicas, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.

FERREIRA, G. D. G.; EMILE, J. C.; BARRIÈRE, Y.; JOBIM, C. C Caracterização morfoanatomômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 249-254, 2007.

FERREIRA, M. A. J.; QUEIRÓZ, M. A. D.; BRAZ, L. T.; VENCOSKY, R. Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 438-442, 2003.

FONSECA, A. H.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S.; CARVALHO, G. S. Características agronômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho visando à produção de silagem de alto valor nutritivo. **Revista Ceres**, Lavras, v. 49, n. 281, p. 41-54, 2002.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; JESUS, O. N.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso

de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 393-401, 2012.

GOMES, M. S.; PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. V.; BRITO, A. H. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 879-885, 2004.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; REIS, L. S.; BEZERRA NETO, F. V.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; REIS, L. S. Correlações fenotípicas e genético-aditivas em maracujá-amarelo pelo delineamento I. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1413-1418, 2008.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. A. S. **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia – FEPMVZ, 2009. 412 p.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; POSSATO JÚNIOR, O.; ROSSI, E. S.; SILVA, C. A.; RIZZARD, D. A.; MENDES, M. C.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agronômicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; FIGUEIREDO, A. S. T.; RIZZARDI, D. A.; NEUMANN, M.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; GALBEIRO, S. Genetic divergence among corn hybrids and combining ability for agronomic and bromatological traits of silage. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, 2017.

HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 687 p.

HÜLSE, J. **Altura de colheita do milho para silagem**: valor nutritivo, balanço de nutrientes no solo, produção animal e desempenho econômico. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 181-188, 2005.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 767 p.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetic statistics**. 2. ed. Ames: Iowa State University, 1973. 545 p.

LOPES, M. A.; FAVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. F.; FALEIRO, F. G.; FOLLE, S. M.; GUIMARÃES, E. P. **Pré-melhoramento de plantas**: Estado da arte e experiências de sucesso. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 614 p.

LORENZ, A. J.; ANEX, R. P.; ISCI, A.; COORS, J. G.; DE LEON, N.; WEIMER, P. J. Forage quality and composition measurements as predictors of ethanol yield from maize (*Zea mays* L.) stover. **Biotechnology for Biofuels**, New York, v. 2, n. 1, p. 5, 2009.

LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**, Sunderland: Sinauer, 1998.

MANSFIELD, B. D.; MUMM, R. H. Survey of plant density tolerance in U.S. maize germplasm. **Crop Science**, Madison, v. 54, n. 1, p. 157-173, 2014.

MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 173-192, 2012.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.

MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2004. Disponível em: < [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/007V1N1P48\\_58\\_JUL2004.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/007V1N1P48_58_JUL2004.pdf)> Acesso em: 9 nov. 2018.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; SOUZA FILHO, A. X. 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.

MIRANDA, J. E. C.; RESENDE, H.; VALENTE, J. O. Plantio de milho para silagem. **Comunicado Técnico 27 – Embrapa Gado de Leite** Juiz de Fora, v. 1, n. 1, 8 p., 2002.

NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; COELHO, M. G.; FIGUEIRA, D. N.; SPADA, C. A.; PERUSSOLO, L. F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, Guarapuava, v. 66, n. 253, 2017.

NIENHUIS, J.; SLOCUM, M. K.; DEVOS, D. A.; MUREN, R. Genetic similarity among Brassica oleracea genotypes as measured by restriction fragment length polymorphisms. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 2, p. 298-303, 1993.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. **Silagens: oportunidades e pontos críticos**. Comunicado Técnico 43 – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, v. 1, n. 1, 10 p, 2004.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; 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, 2001, Maringá. **Resumos...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 127-145.

- OLIVEIRA, E. J.; LIMA, D. S.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; DANTAS, J. L. L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010.
- OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S. **Avaliação de cultivares de milho para silagem: resultados do ano agrícola 2003/2004**. Circular Técnica 82 - Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, v.1, n.1. 14 p, 2005.
- OLIVEIRA, P. C. S.; ARCANJO, A. H. M.; MOREIRA, L. C.; JAYME, C. G.; NOGUEIRA, M. A. R.; LIMA, F. A. S.; PENA, H. C.; CAMILO, M. G. Qualidade na produção de silagem de milho. **PUBVET**, Londrina, v. 8, n. 4, p. 340-443, 2014.
- PAZIANI, S. D. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.
- PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. D.; UDRY, C. W.; DUARTE, W. O valor dos recursos genético de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C.V.; DUARTE, W.F. (Org.). **Uma história brasileira do milho** – o valor de recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, p.11-41, 2000.
- PENATI, M.C. **Relação de alguns parâmetros agronômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zea mays* L.) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca na planta**. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.
- PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S. M.; VILLAROEL, A. B. S.; CLEMENTINO, R. H. Avaliação nutricional de silagens de milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 8-12, 2007.
- PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; BRUNO, R. G. D. S.; CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.
- PFANN, A. Z.; FARIA, M. V.; ANDRADE, A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, C. M. D. R.; BRINGHENTTI, R. M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 635-641, 2009.
- PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Cincinnati, v. 81, n. 8, p. 2178-2184, 1998.
- PINTO, R. J. B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1995. 275 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 522 p.

REVOLTI, L. T. M.; MORAES, K. E.; AMARAL, C. B.; DUTRA, S. M. F.; SILVA, F. A. M.; CAPRIO, C. H.; MÔRO, G. V. Correlação entre caracteres de milho de ciclo superprecoce. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 8, n. 1, 6 p. 2016.

ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Avaliação do comportamento agrônomico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 302-312, 2004.

ROSSI, E. S. **Características bromatológicas e digestibilidade de híbridos de milho com diferentes texturas de grãos**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

SANTOS, C. A. F.; CAVALCANTI, J.; PAINI, J. N.; CRUZ, C. D. Correlações canônicas entre componentes primários e secundários na produção de grãos em Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 236. p. 456-464, 1994.

SANTOS, F. A. P.; BATISTEL, F.; SOUZA, F. B. J. Processamento aumenta aproveitamento do milho e eficiência das rações animais. **Visão Agrícola: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 13, p. 153, 2015.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, 1986.

SANTOS, S. C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. 2015. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Estatística e Experimentação Agrícola) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

SILVA, A. F.; SCHONINGER, E. L.; CAIONE, G.; KUFFEL, C.; CARVALHO, M. A. C. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014.

SILVA, E. M. **Estimação de parâmetros genéticos e seleção para múltiplos caracteres em populações de seleção recorrente de milho**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SOUZA, T. V.; RIBEIRO, C. M.; SCALON, J. D.; GUEDES, F. L. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 4, p. 493-504, 2014.

STACCIARINI, T. D. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BORGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1960. 481 p.

TAUBINGER, M. **Potencial de híbridos comerciais de milho para a extração de linhagens e síntese de cultivares de polinização aberta**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2012.

UENO, R. K. **Avaliação bioeconômica da cultura do milho (*Zea mays* L.) utilizada sob diferentes formas na alimentação de novilhos em confinamento**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**: Foreign Agricultural Service/USDA, agosto 2018. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

WITTEN, D. M.; TIBSHIRANI, R. J. Extensions of sparse canonical correlation analysis with applications to genomic data. **Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology**, Berlin, v. 8, n. 1, p. 1-27, 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, p. 557-585, 1921.

XIE, H. L.; JI, H. Q.; LIU, Z. H.; TIAN, G. W.; WANG, C. L.; HU, Y. M.; TANG, J. H. Genetic basis of nutritional content of stover in maize under low nitrogen conditions. **Euphytica**, Zhengzhou, v. 165, n. 3, p. 485- 493, 2008.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; MARI, L. J.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A. P.; MOURÃO, G. B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 452-461, 2009.

### **3 CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO SUPERIORES NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM**

#### **RESUMO**

A caracterização de genótipos de milho é essencial para a escolha do melhor híbrido pelos produtores e para a identificação de genótipos superiores que possam integrar o germoplasma dos programas de melhoramento. Este estudo teve por objetivo realizar a caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho, e identificar híbridos superiores que possam compor populações base de programas de melhoramento de milho para silagem. Vinte e um híbridos comerciais de milho, recomendados para silagem na região Centro-Oeste, foram avaliados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, na safra 2017/18, em dois experimentos, utilizando a densidade de plantio convencional de 55.500 plantas ha<sup>-1</sup>, e adensado de 111 mil plantas ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, utilizando parcelas de uma linha de 4,0 metros com 20 plantas, espaçadas a 0,20 m. O espaçamento entre linhas foi de 0,90 m para a densidade convencional e 0,45 m para o experimento adensado. Os caracteres agrônômicos avaliados foram: florescimento masculino, florescimento feminino, intervalo de florescimento, altura de planta, altura da espiga, posição relativa da espiga, número de fileiras na espiga, número de grãos por fileira, diâmetro de espiga, diâmetro de sabugo, comprimento de grão, comprimento de espiga, peso de espigas e peso de cem grãos. Os caracteres bromatológicos foram: acidez (pH), teor de matéria seca, teor de matéria mineral e de matéria orgânica, teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), produtividade matéria verde e produtividade de matéria seca. Os híbridos apresentaram variabilidade para todos os caracteres agrônômicos. Entre os caracteres bromatológicos foi observada diferença significativa apenas para produtividade de matéria verde e de matéria seca. O aumento da densidade de plantio resultou em incremento na altura das plantas e redução das dimensões da espiga e de biomassa produzida por planta, entretanto, proporcionou maior produção por hectare. A avaliação de genótipos em programas de melhoramento para silagem pode ser realizada nas condições de plantio utilizadas atualmente, mesmo que o objetivo seja obter genótipos adaptados à plantios mais adensados. Os híbridos AS1596 e AG1051 apresentaram as melhores performances considerando todos os caracteres simultaneamente. Além de serem recomendados ao produtor, esses híbridos podem ser utilizados na formação de populações base nos programas de melhoramento de milho visando a produção e a qualidade de silagem. Para obtenção de maior variabilidade genética, os híbridos DKB310, BM3061, SHS7920, DKB390 e P4285 também podem ser utilizados considerando inúmeras estratégias de melhoramento. Se o objetivo do programa for obter plantas precoces e mais baixas, o híbrido RB 9110 também pode ser utilizado.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L., adensamento populacional, ensilagem.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é a gramínea mais utilizada na produção de silagem em virtude da facilidade de cultivo, alta produção de massa, facilidade de fermentação dentro do silo, bom valor energético e boa aceitação pelos animais (Hülse, 2014; Oliveira & Sobrinho, 2005). Cerca de 70% da produção brasileira de milho é destinada a alimentação animal, chegando a 85% em países desenvolvidos (Couto et al., 2017). Para a pecuária em sistema intensivo, o milho é considerado alimento fundamental na dieta animal devido ao seu alto teor energético, podendo ser utilizado na forma de grãos, em regime concentrado, ou silagem, como volumoso (Ueno, 2012). Silagens de milho com alto valor nutritivo potencializam o desempenho de produção de carne e leite em ruminantes (Chaves, 2009; Oliveira et al., 2014).

Apesar da importância dessa cultura para a produção de silagem, menos de 1% das cultivares comercializadas no Brasil são destinadas exclusivamente para esse fim (Taubinger, 2012). Uma possível explicação para isso seria a dificuldade de avaliar os caracteres bromatológicos importantes para a qualidade da silagem durante a condução dos programas de melhoramento, em que é comum avaliar um grande número de genótipos. Além disso, acredita-se que quanto maior a fração dos grãos, mais energética e digestível é a silagem (Mello et al., 2005). Assim, um programa de melhoramento de milho com objetivo de aumentar a produtividade de grãos contemplaria, indiretamente, a necessidade de obtenção de cultivares recomendadas para silagem.

Entretanto, as cultivares de milho brasileiras estão aquém do potencial de produção e qualidade de silagem. Quando comparadas às cultivares norte-americanas, observa-se grande diferença na degradabilidade dos grãos e digestibilidade da silagem, resultando em uma silagem de qualidade inferior à desejada (Correa et al., 2002; Santos et al., 2015). Assim, é importante que os programas de melhoramento brasileiros desenvolvam híbridos e variedades que possuam não somente alto rendimento de grãos, mas, também, bom valor nutricional, alta digestibilidade de matéria seca, e adequada proporção de material vegetal fibroso (Gralak et al., 2017).

A primeira etapa de um programa de melhoramento é a formação da população base, que deve ter variabilidade genética e alta frequência de alelos favoráveis (Freitas et al., 2012). Assim, para iniciar um programa de melhoramento de milho para silagem, é imprescindível realizar avaliação detalhada dos genótipos para caracteres bromatológicos e agronômicos, a fim de identificar aqueles com potencial de serem utilizados pelos programas de melhoramento. Nesse sentido, cultivares comerciais podem ser utilizadas como genitores na formação das populações, pois são genótipos que já passaram por processo de melhoramento e possuem variabilidade entre si, apresentando diferentes níveis de produtividade e qualidade (Chaves, 2009; Gralak et al., 2014; Neumann et al., 2017).

Dentre os caracteres bromatológicos importantes, destacam-se a produção de matéria seca, acidez (pH), teor de proteína bruta, de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Gralak et al., 2014; Nussio et al., 2001; Xie et al., 2008). Como a fração dos grãos é importante para obtenção de uma silagem de qualidade (Mello et al., 2005), a produtividade de grãos também deve ser considerada, além de outros caracteres agronômicos importantes para o manejo da cultura, como ciclo, altura da planta, proporção de plantas acamadas e quebradas, entre outros (Marcondes et al., 2012). Nem todas as características desejadas encontram-se no mesmo genótipo, tornando um desafio ao melhorista agregar o maior número possível de características desejáveis em um único genótipo (Cruz, 1998; Fonseca et al., 2002).

Maiores produtividades de grãos também podem ser alcançadas aumentando o estande de plantas na área. Geralmente, cultivares com bom desempenho em plantios adensados possuem maior produção de massa verde total, tornando o genótipo mais propício ao uso para silagem, pois melhora sua qualidade devido a boa relação entre quantidade de grãos e massa verde (Machado et al., 2018). Além disso, há melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, redução da competitividade com plantas daninhas e otimização de maquinário (Mello, 2004). Assim, os programas de melhoramento devem almejar, também, a obtenção de genótipos com boa performance em plantios adensados.

Os objetivos do presente trabalho foram caracterizar agrônomicamente e bromatologicamente híbridos comerciais de milho recomendados para produção de silagem; identificar genótipos com características de interesse que possam formar populações base nos programas de melhoramento de milho para silagem; verificar se a performance dos híbridos se mantém em diferentes níveis de densidade de plantio.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Material genético

Foram avaliados vinte e um híbridos comerciais de milho, recomendados para a região Centro-Oeste, com diferentes aptidões (Anexo A). A escolha dos híbridos foi baseada na utilização pelos agricultores, objetivando-se amostrar híbridos de diferentes empresas produtoras e, conseqüentemente, com diferentes origens. Todos os híbridos são destinados à produção de silagem ou de dupla-aptidão, de acordo com a recomendação das empresas.

### 3.2.2 Condução dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos, ambos na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia-GO (16°35'12''S, 49°21'14''O; altitude 730 m). O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com três repetições, e parcelas de uma linha de 4,0 m com cinco plantas por metro, totalizando 20 plantas por parcela. No primeiro experimento, foi utilizado espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,90 m entre linhas, totalizando aproximadamente 55.500 plantas.ha<sup>-1</sup>, que é o estande recomendado para a cultura. No segundo experimento, utilizou-se espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,45 m entre linhas, gerando estande de 111 mil plantas.ha<sup>-1</sup>, ou seja, o dobro do recomendado para a cultura.

Os experimentos foram conduzidos na primeira safra de 2017/2018. A adubação de plantio foi feita com 300 kg.ha<sup>-1</sup> de N-P-K, formulação 5-25-15, e a adubação de cobertura, com 90 kg de N.ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia, realizada aos trinta dias após germinação. Plantas daninhas, pragas e doenças foram manejadas com aplicação de herbicidas seletivos, inseticidas e fungicidas indicados para cultura do milho, de acordo com a época de interferência e o nível de dano econômico apresentado.

### 3.2.3 Colheita e ensilagem

A colheita das parcelas foi realizada em dois momentos, o primeiro direcionado a ensilagem e o segundo para produção de grãos. Aos 99 dias após o plantio efetuou-se a

primeira colheita, momento em que as plantas amostradas apresentavam teor de matéria seca próximo a 33%. Foram colhidas sete plantas de cada parcela, com corte manual, a 0,20 m do solo. Assim que colhidas, as plantas foram pesadas para a determinação da produção de matéria verde. Em seguida, as plantas foram picadas com máquina forrageira estacionária, com tamanho médio de partículas de 2 cm. O material picado de cada parcela foi homogeneizado e parte foi ensilado em silos experimentais de PVC (poly vinyl choride), com 10 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento. A compactação da silagem foi realizada manualmente com um bastão de madeira. As tampas de cada silo foram acopladas com válvula tipo *Bunsen* permitindo o escape de gases. O restante do material picado foi conduzido ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Escola de Veterinária e Zootecnia da UFG, para realizar as análises bromatológicas.

Após 120 dias do processo de ensilagem, os silos foram abertos, as extremidades de todos os recipientes foram descartadas e a porção central foi homogeneizada. Uma pequena amostra foi separada para aferição imediata do pH. Outra amostra, com aproximadamente 0,5 kg, foi levada para secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, ou até obtenção de peso constante, para a determinação da amostra seca ao ar. Posteriormente, cada amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 18 *mesh* e acondicionada em saquinhos plásticos para a realização das análises bromatológicas.

A segunda colheita, destinada à produção de grãos, foi realizada quando o restante da parcela atingiu maturidade fisiológica dos grãos, aos 126 dias após o plantio. Todas as espigas foram colhidas e encaminhadas para coleta dos dados de produtividade.

### **3.2.4 Caracteres avaliados**

#### **3.2.4.1 Caracteres agronômicos**

- a) Florescimento masculino (FM): número de dias da sementeira até que 50% das plantas da parcela apresentassem anteras liberando pólen;
- b) Florescimento feminino (FF): número de dias da sementeira até que 50% das plantas da parcela apresentassem emissão do estilo-estigma;
- c) Intervalo de florescimento (IF): diferença, em dias, entre o florescimento feminino e o florescimento masculino;

- d) Altura de plantas (AP): altura média, em cm, de cinco plantas aleatórias da parcela medidas após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da última folha superior (folha bandeira);
- e) Altura de espigas (AE): média da altura da inserção da primeira espiga, em cm, de cinco plantas aleatórias da parcela, medidas após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da espiga superior no colmo;
- f) Posição relativa da espiga (PRE): razão entre altura de espiga e altura da planta;
- g) Comprimento de espiga (CE): média do comprimento, em cm, de quatro espigas sem palha tomadas aleatoriamente de cada parcela;
- h) Diâmetro de espiga (DE): média do diâmetro, em cm, de quatro espigas aleatórias da parcela;
- i) Número de fileiras de grãos na espiga (NFG): média do número de fileiras de grãos de quatro espigas aleatórias da parcela;
- j) Número de grãos por fileira (NGF): média do número de grãos de uma fileira em quatro espigas aleatórias da parcela;
- k) Peso de espigas (PE): peso de quatro espigas aleatórias da parcela, despalhadas após a segunda colheita, medido em gramas e corrigido para 13% de umidade;
- l) Peso de grãos (PG): peso de uma amostra de cem grãos oriundos da debulha e homogeneização das espigas da parcela, medido em gramas e corrigidos para 13% de umidade;
- m) Umidade de grãos (UG): em porcentagem, determinada com o auxílio de medidores de umidade, nas amostras de grãos das parcelas;
- n) Diâmetro de sabugo (DS): média do diâmetro dos sabugos de quatro espigas tomadas aleatoriamente da parcela, medidos na porção central, em cm.
- o) Comprimento de grãos (CG): diferença das médias de diâmetro de espiga e diâmetro de sabugo dividido por dois, em cm.
- p) Teor de matéria seca (MS): determinada pela pré-secagem da amostra do material picado após a primeira colheita, utilizando estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante, medida em %;
- q) Produtividade de matéria verde (PMV): obtida pelo peso de sete plantas por parcela no momento da primeira colheita, convertida para o total de plantas por hectare, medida  $\text{g.planta}^{-1}$ ;

r) Produtividade de matéria seca (PMS): peso da produtividade de matéria verde multiplicado pela porcentagem de MS, medida em g.planta<sup>-1</sup>.

#### 3.2.4.2 Caracteres bromatológicos

Após os 120 dias de fermentação e abertura dos silos, foram realizadas as análises de:

- a) Acidez (pH): feita a diluição de 10 g de silagem fresca em 100 ml de água destilada. A leitura do pH ocorreu após 60 minutos, como proposto por Cherney & Cherney (2003), fazendo uso de pH-metro de bancada;
- b) Teor de matéria mineral (MM): incineração de 2 g da matéria seca da amostra, feita em duplicata, até o ponto de cinzas, utilizando mufla com aumento crescente da temperatura até atingir 600°C, conforme Silva & Queiroz (2002), medida em %;
- c) Teor de matéria orgânica (MO): valor obtido para matéria mineral subtraído de 100, medida em %;
- d) Proteína bruta (PB): obtida a partir da digestão, destilação e titulação de 0,3 g de amostra, feita em duplicata, e posterior aplicação na fórmula, como proposto por Kjeldahl (1883), medida em %;
- e) Fibra em detergente neutro (FDN): recuperação do resíduo fibroso de 0,2 g de amostra, feita em duplicata, emergida em solução de detergente neutro e colocada em autoclave a 105°C por 60 minutos, como proposto por Van Soest & Robertson (1985), medida em %;
- f) Fibra em detergente ácido (FDA): recuperação do resíduo fibroso de 0,2 g de amostra, feita em duplicata, emergida em solução de detergente ácido e colocada em autoclave a 105°C por 60 minutos, como proposto por Van Soest & Robertson (1985), medida em %;
- g) Nutrientes digestíveis totais (NDT): obtidos a partir da equação  $NDT = 87,84 - (0,70 \times FDA)$ , sugerida por Undersander et al. (1993), medida em %.

#### 3.2.5 Análises estatísticas

As análises de variância para cada caráter, em cada experimento, consideraram o modelo estatístico de delineamento em blocos ao acaso, conforme modelo:

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

Em que:

$y_{ij}$ : valor observado para o híbrido  $i$  no bloco  $j$ ;

$m$ : constante do experimento;

$t_i$ : efeito fixo do híbrido  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 21$ );

$b_j$ : efeito aleatório do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ );

$e_{ij}$ : resíduo associado à parcela que recebeu o híbrido  $i$  no bloco  $j$ , sendo  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Para testar se a performance dos híbridos se manteve nas diferentes densidades de plantio foi realizada análise de variância conjunta para cada caráter, entre os dois experimentos, segundo modelo:

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

Em que:

$y_{ijk}$ : valor observado para o híbrido  $i$  do bloco  $j$  no experimento  $k$ ;

$m$ : constante dos experimentos;

$t_i$ : efeito fixo do híbrido  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 21$ );

$a_k$ : efeito fixo da densidade de plantio  $k$  ( $k = 1, 2$ );

$b_{j(k)}$ : efeito aleatório do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ ) dentro do experimento  $k$ ;

$(ta)_{ik}$ : efeito da interação híbridos x densidades de plantio;

$e_{ijk}$ : resíduo associado à parcela que recebeu o híbrido  $i$  no bloco  $j$  na densidade de plantio  $k$ , sendo  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

O estudo da interação híbridos x densidades de plantio é importante, pois, se a interação for significativa, a seleção de genótipos adaptados a um maior adensamento deverá ser realizada desde as fases iniciais do programa, pois entende-se que a performance dos híbridos se altera em função das diferentes densidades de plantio. Por outro lado, se a interação não apresentar efeito significativo, os genótipos mantêm seu ordenamento nas diferentes densidades, ou seja, aqueles que são superiores na densidade convencional também são superiores em plantios adensados, podendo ser feita a seleção para o adensamento em fases mais avançadas do programa de melhoramento.

As médias dos híbridos para cada variável foram agrupadas de acordo com o teste de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974), considerando nível de significância de 5%.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Caracterização agronômica dos híbridos em diferentes densidades de plantio

Na densidade de plantio recomendada (55.500 plantas.ha<sup>-1</sup>) foram identificadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias dos híbridos para todos os caracteres agronômicos (Anexo B). Esses resultados indicam existência de variabilidade entre os híbridos recomendados para silagem, sendo este um dos requisitos necessários para que se possa compor a população base de um programa de melhoramento (Hallauer & Miranda Filho, 1987).

Os coeficientes de variação experimental foram satisfatórios, classificando as variáveis, de acordo com Pimentel-Gomes (1990) e Scapim et al. (1995), como de baixa (inferiores a 10%) e média variação (entre 10% e 20%). Essas estimativas indicam que o experimento foi conduzido com boa precisão (Lúcio et al., 1998), o que pode ser confirmado pelas estimativas da acurácia ( $R_{GG}$ ). Todos os caracteres apresentaram estimativas de acurácia altas ( $0,70 < R_{GG} < 0,90$ ) ou muito altas ( $R_{GG} \geq 0,90$ ), sendo que os caracteres que apresentam maior acurácia, em geral, são aqueles com menor variância residual e maior variância genotípica (Anexo B).

Para o experimento com plantio adensado (111 mil plantas.ha<sup>-1</sup>), os híbridos também apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para todos os caracteres, com exceção do caráter posição relativa da espiga, evidenciando que a variabilidade existente entre os híbridos também pôde ser detectada sob condições de maior densidade. As estimativas para coeficiente de variação oscilaram de 1,42%, para florescimento masculino, a 18,5%, para peso de espiga, e as acurácias variaram de 0,60 a 0,95, para posição relativa da espiga e florescimento masculino, respectivamente, indicando que esse experimento também foi conduzido com precisão experimental satisfatória (Anexo C).

Na análise de variância conjunta, foi observada diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as diferentes densidades de plantio para as variáveis agronômicas, com exceção de florescimento masculino e intervalo de florescimento (Anexo D). Isso evidencia que o

aumento populacional influenciou o comportamento dos híbridos, alterando a média das variáveis nas diferentes densidades. Entretanto, a interação entre híbridos e densidades de plantio não foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a maioria dos caracteres, com exceção apenas de peso de espigas, indicando que, de forma geral, o comportamento dos híbridos se mantém com o adensamento, ou seja, os híbridos que se mostraram superiores na densidade convencional de plantio também são superiores em plantio adensado.

Esses resultados indicam que, em um programa de melhoramento voltado para qualidade da silagem, é possível realizar melhoramento para caracteres de interesse e, posteriormente, trabalhar o adensamento nos genótipos selecionados, visto que a performance dos híbridos se mantém em ambientes com maior densidade. Sendo assim, os híbridos selecionados na densidade atualmente recomendada, devem manter bom desempenho quando forem submetidos a maiores densidades. Tal fato evidencia que os híbridos, com melhores médias, possuem potencial para o adensamento.

Tendo por base que a preferência atual do mercado seja por híbridos precoces que mantenham alta produtividade, as classificações tanto para florescimento masculino, como para florescimento feminino, foram feitas em ordem crescente. A média geral para florescimento masculino nas duas densidades de plantio foi de 57,8 dias, destacando os híbridos BM 3063, BM 855, HL 1480, SHS 7990, AS 1575 e RB 9110, com médias inferiores a 57 dias. Para o florescimento feminino, a média geral foi de 58,2 dias, com destaque para o híbrido RB 9110 (Tabela 3.1). As estimativas de florescimento fornecem informações sobre o ciclo e precocidade dos genótipos, e auxiliam no planejamento de cruzamentos, pois é necessário que haja coincidência do período de florescimento entre os genótipos que serão cruzados (Faleiro et al., 2008; Lima et al., 2008).

As médias para intervalo de florescimento variaram de 0 a 3,00 dias (Tabela 3.1). O intervalo de florescimento está relacionado à tolerância do genótipo ao estresse hídrico. O milho é muito sensível à falta de água durante o florescimento, e a ocorrência de seca nesse período leva ao aumento no intervalo entre florescimento masculino e feminino, correlacionado negativamente com a produção (Edmeades et al., 2000; Duvick, 2005; Magalhães et al., 2009). Ademais, para o melhoramento, é de interesse a redução deste intervalo visando facilitar o processo de obtenção de linhagens, pois intervalos muito extensos podem dificultar o processo de autofecundação.

**Tabela 3.1.** Médias dos híbridos para caracteres agrônômicos nas duas densidades de plantio

Híbridos	FM	FF	IF	AP	AE	PRE	NFE	NGF	DE	DS	CG	CE	PG	PE <sup>1</sup>	
														Normal	Adensado
30F53	57,5 b	57,7 c	0,50 a	204,6 a	106,0 a	0,52 a	14,8 c	34,2 a	4,34 d	2,35 a	1,99 c	16,2 b	32,9 b	135,9 c	132,7 c
AS 1596	58,3 b	58,0 c	0,33 a	220,2 b	117,7 b	0,52 a	17,5 a	36,1 a	5,20 a	2,61 b	2,60 a	17,4 a	37,2 a	266,2 a	215,6 a
DKB 310	62,0 d	60,3 d	2,00 b	208,2 a	112,6 a	0,55 b	16,6 b	34,9 a	4,94 b	2,55 a	2,40 b	18,2 a	39,5 a	215,1 b	225,4 a
BM 207	60,3 c	59,3 d	1,67 b	199,6 a	102,4 a	0,53 a	13,3 d	30,5 b	4,53 d	2,49 a	2,05 c	13,8 b	37,9 a	156,5 c	112,6 c
BM 3061	58,2 b	58,5 c	0,33 a	229,6 b	118,4 b	0,52 a	13,8 d	35,9 a	4,93 b	2,61 b	2,33 b	17,7 a	42,7 a	221,5 b	185,5 b
BM 709	58,0 b	59,0 c	1,00 a	231,9 b	130,3 b	0,54 b	13,7 d	35,4 a	4,60 c	2,57 a	2,03 c	17,2 a	39,3 a	142,9 c	193,0 b
BM 3063	56,7 a	57,0 b	0,67 a	226,8 b	115,9 b	0,53 a	14,0 d	35,3 a	4,72 c	2,61 b	2,11 c	15,9 b	36,1 b	189,0 c	169,2 b
BM 855	56,0 a	56,5 b	0,50 a	220,8 b	115,5 b	0,50 a	13,3 d	35,8 a	4,70 c	2,50 a	2,20 c	16,2 b	38,1 a	192,4 c	173,1 b
SHS 7920	57,7 b	57,5 c	0,50 a	231,3 b	116,7 b	0,51 a	14,1 d	36,4 a	4,59 c	2,47 a	2,13 c	16,3 b	36,1 b	175,9 c	168,0 b
LG3055	57,9 b	59,0 c	1,17 a	203,6 a	103,5 a	0,51 a	12,9 d	29,2 b	4,56 d	2,58 a	1,98 c	15,0 b	41,6 a	168,3 c	120,5 c
DKB 390	61,0 d	59,8 d	1,17 a	218,6 b	121,7 b	0,55 b	16,2 b	34,7 a	4,82 b	2,57 a	2,25 b	18,0 a	40,2 a	185,6 c	227,6 a
SHS 4080	57,2 b	58,0 c	1,17 a	208,2 a	105,6 a	0,52 a	15,4 c	32,8 b	4,48 d	2,50 a	1,99 c	15,5 b	32,4 b	145,7 c	122,9 c
HL 1480	55,8 a	55,8 b	0,00 a	212,3 a	116,3 b	0,55 b	15,3 c	34,8 a	4,95 b	2,67 b	2,29 b	15,9 b	36,8 a	181,6 c	182,4 b
SHS 4070	57,3 b	60,3 d	3,00 b	230,8 b	133,0 b	0,55 b	13,6 d	36,7 a	4,45 d	2,49 a	1,95 c	14,7 b	32,5 b	148,2 c	135,3 c
SHS 7990	56,0 a	57,0 b	1,00 a	225,9 b	112,3 a	0,52 a	14,0 d	35,4 a	4,74 c	2,52 a	2,22 c	15,8 b	39,4 a	201,1 b	147,9 c
P4285	58,2 b	59,0 c	0,83 a	221,1 b	116,6 b	0,53 a	14,0 d	35,9 a	4,80 b	2,63 b	2,17 c	17,6 a	41,8 a	259,8 a	182,2 b
30F35	57,3 b	57,8 c	0,50 a	221,8 b	105,7 a	0,48 a	13,4 d	35,9 a	4,98 b	2,81 c	2,18 c	15,7 b	38,2 a	210,6 b	151,3 c
AG1051	59,3 c	61,0 d	2,33 b	222,0 b	125,4 b	0,58 b	15,7 c	37,9 a	5,19 a	2,61 b	2,58 a	17,5 a	37,8 a	253,4 a	218,7 a
AS 1575	56,7 a	58,5 c	1,83 b	217,9 b	118,8 b	0,54 b	14,2 d	34,8 a	4,72 c	2,67 b	2,05 c	16,2 b	38,7 a	218,5 b	151,5 c
RB 9110	55,0 a	52,8 a	2,17 b	210,8 a	102,4 a	0,50 a	15,4 c	30,7 b	4,45 d	2,42 a	2,04 c	15,5 b	33,3 b	158,1 c	123,5 c
30S31	57,0 b	58,5 c	1,50 b	214,4 a	113,1 a	0,52 a	15,1 c	28,9 b	4,66 c	2,88 c	1,78 c	16,4 b	37,2 a	155,2 c	140,1 c
Média	57,8	58,2	1,15	218,1	114,8	0,53	14,6	34,4	4,73	2,58	2,16	16,3	37,6	189,6	165,6

FM: florescimento masculino (dias); FF: florescimento feminino (dias); IF: intervalo de florescimento (dias); AP: altura de plantas (cm); AE: altura de espigas (cm); PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas (cm); DS: diâmetro de sabugos (cm); CG: comprimento de grãos (cm); CE: comprimento de espigas (cm); PG: peso de 100 grãos (g); PE: peso de espigas (g.planta<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam pelo teste de Scott-Knott a 5%. <sup>1</sup>Como foi observado efeito significativo para interação híbridos x densidades de plantio para PE (Anexo D), as médias foram apresentadas para cada densidade de plantio: normal e adensado.

A liberação do pólen pelo pendão do milho é um processo que pode durar de dois a quatorze dias (Viana et al., 1999). Considerando cada espiguetta, a flor superior inicia a liberação de pólen aproximadamente um a três dias antes da flor inferior. A deiscência e a dispersão do pólen geralmente ocorrem dois a três dias antes da emergência dos estilos-estigmas, ou seja, do florescimento feminino (Goodman & Smith, 1987). Assim, um intervalo de florescimento de três dias, por exemplo, não é considerado tão grande que possa prejudicar a cultura. Dessa forma, embora tenham sido observadas diferenças significativas entre os híbridos, todos apresentaram médias favoráveis para florescimento feminino e masculino e intervalo de florescimento.

Alguns estudos apontam que a utilização de altas densidades de plantio estimula a dominância apical, de natureza hormonal, do pendão sobre as espigas, suprimindo o desenvolvimento das gemas axilares femininas, e aumentando o intervalo de florescimento (Sangoi & Salvador, 1996; Sangoi & Salvador, 1997; Sangoi et al., 2001). Há alteração na taxa de transporte de fitormônios e carboidratos dentro da planta, fazendo com que as espigas iniciem seu desenvolvimento tardiamente e tenham menor capacidade competitiva por fotoassimilados com as demais estruturas da planta, produzindo menos grãos (Sangoi, 2001). Segundo Otegui (1997), o aumento na densidade de plantio ocasiona uma redução na produtividade, devido, principalmente, ao aborto de inflorescências femininas. Tais constatações não foram observadas neste trabalho, visto que não houve diferença significativa entre as médias para intervalo de florescimento nas diferentes densidades de plantio (anexo D).

Para a altura de plantas, a maior densidade resultou em plantas de maior porte, sendo a altura média geral para densidade convencional de 209,8 cm, enquanto no experimento adensado, a média geral chegou a 226,5 cm. Esse resultado pode ser explicado pelo aumento da competição por luz quando há maior adensamento, resultando em estímulo da dominância apical nas plantas (Merotto Junior et al., 1997; Sangoi, 2001; Afférreri et al., 2008; Turco, 2011). Dessa forma, é esperado que o aumento da densidade populacional resulte em elevação na altura das plantas (Sangoi et al., 2002; Argenta et al., 2001; Dourado Neto et al., 2003).

De acordo com a escala proposta por Pinto et al. (2010), plantas com alturas de 2,20 m a 2,80 m são categorizadas como de porte médio, e plantas inferiores a 2,20 m como de porte baixo. Plantas de porte médio a baixo, além de serem mais desejadas para sementeiras com maior adensamento, são menos susceptíveis ao acamamento e quebramento

e facilitam o processo de mecanização da colheita (Gabriel et al., 2018). Nesse contexto, os genótipos com menores médias para ambos experimentos foram BM207, 30F53, LG3055, DKB310, RB9110, SHS4080, HL1480, 30S31 com médias variando de 199,6 cm a 214,4 cm, sendo todos classificados como de porte baixo (Tabela 3.1).

Foi observado também que o adensamento resultou em elevação da média para altura de inserção espiga e posição relativa de espiga. De acordo com a literatura e com os dados observados, quanto maior a altura de espiga, maior será o valor da posição relativa da espiga (Crispim Filho, 2018; Silva, 2018; Paziani et al., 2009). Elevados valores para altura de espiga resultam em aumento das taxas de acamamento e quebramento das plantas, pois plantas com espigas mais altas tendem a acamar ou quebrar com maior facilidade, resultando em perdas na produção (Li, et al., 2007; Teng et al., 2013; Xue et al., 2017). Outro fator que faz com que menores alturas da espiga sejam preferidas é a obtenção de maior número de folhas entre a espiga e o pendão. Assim, almeja-se menor altura de planta e de espiga, e maior posição relativa da espiga. As folhas acima da espiga, além de contribuírem para o aumento da interceptação solar, são responsáveis por 50% a 80% do acúmulo de matéria seca presente nos grãos. Quanto maior a quantidade de folhas, maior teor de matéria seca nos grãos, resultando em maior rendimento e produção (Magalhães et al., 1996).

Os mesmos híbridos que apresentaram menor altura de planta, também apresentaram menor altura de espiga, variando de 102,4 cm a 133,0 cm. Esses híbridos também apresentaram menores estimativas para posição relativa da espiga, sendo, portanto, genótipos interessantes para o melhoramento visando reduzir altura de plantas e de espigas (Tabela 3.1).

Observou-se efeito significativo ( $p < 0.05$ ) para densidade de plantio nas análises conjuntas de todas as variáveis relacionadas aos componentes de espiga (Anexo D), indicando que a média dos híbridos para esses caracteres foram diferentes nos dois níveis de adensamento. De forma geral, observou-se que o aumento populacional acarretou redução das médias desses caracteres (Anexos B e C), que pode ser explicada pela maior competição proporcionada pelo aumento populacional.

A avaliação e seleção para os componentes de espiga são uma forma de maximizar a produtividade de grãos. Híbridos com produtividades inferiores não têm boa aceitação no mercado, resultando em desuso. Quanto maiores as médias para comprimento, diâmetro e quantidade de grãos, melhores são as chances de os híbridos superarem suas produções iniciais. Em contrapartida, é desejado que o diâmetro do sabugo seja reduzido,

visando aumentar o comprimento de grãos e a qualidade nutricional da planta, visto que a constituição do sabugo demanda altos teores de fibra, baixos teores de proteína bruta, implicando em menor digestibilidade (Neumann et al., 2007).

O menor espaçamento entre linhas e, conseqüentemente, aumento do número de plantas por hectare, pode favorecer os componentes de espiga pela melhor distribuição de plantas na área. Entretanto, com um aumento populacional muito elevado há maior competição entre as plantas por água, nutrientes e luz, superando os efeitos do melhor arranjo espacial. Essa competição dificulta a atividade fotossintética e reduz a produção de fotoassimilados, que são necessários para o crescimento reprodutivo, resultando em diminuição dos componentes de espiga e, até mesmo, em aumento da esterilidade feminina (Bruns & Abbas, 2005; Demétrio et al., 2008; Marchão et al., 2005).

Vale ressaltar que, embora o adensamento resulte em diminuição do índice de espigas por planta, ocorre, também, compensação na produção pelo aumento do número de plantas e, conseqüentemente, aumento no número de espigas por unidade de área, podendo ser satisfatório (Dourado Neto et al., 2003; Stacciarini et al., 2010). Além disso, como discutido anteriormente, para fins de melhoramento, o efeito não significativo entre híbridos e densidades de plantio para esses caracteres indica que não há alteração diferencial na performance dos híbridos com o aumento da densidade de plantio, sugerindo que a seleção pode ser realizada na densidade recomendada atualmente para que, lentamente, sejam obtidos genótipos mais adaptados ao plantio adensado.

Considerando todos os componentes de espiga, de forma geral, foi observado que o híbrido AS1596 se destacou para o caráter número de fileiras na espiga, com média geral de 17,5 fileiras (Tabela 3.1). Essa variável é definida no primeiro estágio do desenvolvimento da planta de milho, quando ocorre o processo de diferenciação floral, originando a panícula e a espiga. Com o passar do tempo esses órgãos só adequam seu tamanho para acompanhar o desenvolvimento da planta, já tendo estabelecida a quantidade exata de fileiras na espiga. O potencial de produção da cultura está relacionado a esse caractere, que depende muito do genótipo, sendo de grande interesse a identificação de híbridos superiores para este caráter (Marchão et al., 2005). Juntamente com o híbrido AS1596, o híbrido AG1051 também se destacou para o número de grãos por fileira, diâmetro de espiga, comprimento de espiga, comprimento de grãos e peso de grãos.

O bom desempenho do híbrido AS1596 para produtividade de grãos também foi observado por Hanashiro et al. (2013), classificando esse genótipo como superior para as

variáveis número de fileiras de espiga, número de grãos por fileira, número de grãos na espiga, massa de grãos na espiga e peso de grãos, dentre os 45 híbridos comerciais de milho avaliados. Ele também apresentou as melhores médias para altura de plantas e área foliar.

O híbrido AG1051 é bem conhecido entre os produtores como um genótipo que apresenta alta produtividade de grãos e boa qualidade de silagem. Dourado Neto et al. (2003) e Calonego et al. (2011) também verificaram que esse híbrido apresenta elevada produção, mesmo com maiores densidades populacionais.

A performance superior desses dois híbridos, tanto neste como nos demais trabalhos mencionados, podem ser explicados pelo maior porte da planta e pela arquitetura foliar do tipo aberta. Tais características promovem maior aproveitamento espacial e otimizam a interceptação de luz mesmo em altas densidades, maximizando a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produção de grãos (Dourado Neto et al., 2003).

Para o peso de espigas, como houve interação significativa entre híbridos e densidades de plantio (Anexo D), o agrupamento dos híbridos foi feito para cada experimento. No experimento com densidade convencional, a média geral foi de 189,6 g.planta<sup>-1</sup>, destacando os híbridos AS1596, P4285 e AG1051, com médias superiores a 253 g.planta<sup>-1</sup>. No experimento adensado, a média geral foi de 165,63 g.planta<sup>-1</sup>, sendo superiores os híbridos AS1596, DKB310, DKB390 e AG1051, com médias acima de 215 g.pl<sup>-1</sup> (Tabela 3.1). Vale destacar os dois híbridos citados anteriormente, AS1596 e AG1051, que também apresentaram maior peso de espigas em ambas densidades de plantio.

Pode-se observar que a média do peso de espigas do experimento com maior densidade foi inferior ao experimento com densidade convencional (Tabela 3.1), proveniente da redução dos componentes de espiga, como já comentado. De acordo com Lopes et al. (2007), o peso das espigas depende do peso dos grãos, que, por sua vez, depende do genótipo, das práticas culturais, de alterações climáticas e da interação entre esses fatores.

Embora os componentes de espiga por planta tenham sofrido redução em condições de adensamento, o efeito do aumento populacional por área pode ser satisfatório. No trabalho de Sangoi et al. (2005), foi concluído que a interação “híbridos x densidades” interferiu significativamente no número de grãos produzidos por espiga, bem como no peso de grãos. Esses componentes foram reduzidos linearmente com o incremento na população. Todavia, essa redução foi compensada pelo aumento populacional, garantindo maior produtividade no experimento com maior adensamento.

No geral, para as variáveis agronômicas, foi observada variabilidade entre os híbridos e presença de genótipos de interesse em todas as variáveis analisadas (Tabela 3.1). Tal fato evidencia que, dentre os híbridos avaliados, há genótipos de grande interesse para serem utilizados por um programa de melhoramento. Também foi observada a falta de um genótipo superior em todos os caracteres agronômicos de interesse, o que ressalta a falta de híbridos com características agronômicas específicas para silagem e a importância de desenvolver programas de melhoramento com esta finalidade.

Considerando conjuntamente os caracteres florescimento feminino e masculino, altura de planta e de espiga, e posição relativa de espigas, o híbrido RB 9110 foi o único superior para todos esses caracteres. Esse híbrido não apresentou a melhor média para intervalo de florescimento, mas apresentou média considerada satisfatória, de 2,17 dias (Tabela 3.1). Assim, considerando apenas os caracteres agronômicos, uma estratégia pode ser combinar esse híbrido com os híbridos AS1596 e AG1051, que se destacaram para os componentes de espiga, a fim de unir suas características desejáveis. Entretanto, sabe-se que existe correlação positiva entre altura de plantas e espiga e de tempo para o florescimento com a produtividade de grãos (Favaroto et al., 2016; Bello et al., 2010; Kinfé & Tsehaye, 2015). O ideal seria que a correlação entre esses caracteres fosse negativa, ou seja, quanto menor a altura e o tempo para o florescimento, maior a produtividade de grãos. Assim, agregar todas essas características em um só genótipo é uma tarefa complexa, que deve ser realizada gradualmente.

Foi observado, ainda, que o adensamento populacional influencia a performance dos híbridos para quase todas as variáveis analisadas (Anexo D). Entretanto, os híbridos superiores na densidade convencional também foram superiores em plantio adensado, indicando que estes genótipos possuem potencial para o adensamento. No que diz respeito a seleção dos genótipos para adensamento, esta pode ser feita em fases mais avançadas do programa de melhoramento, visto que não há interação significativa entre híbridos e densidades de plantio para maioria das variáveis analisadas.

### **3.3.2 Caracterização bromatológica de híbridos em diferentes densidades de plantio**

Os caracteres bromatológicos que apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os híbridos, na densidade convencional, foram acidez, proteína bruta,

produtividade de matéria verde e produtividade de matéria seca (Anexo E). Essas variáveis estão diretamente ligadas à produção e qualidade da silagem, indicando que há variabilidade possível de ser explorada entre os híbridos para esses caracteres bromatológicos. Para os demais caracteres, não foi observada diferença significativa entre os híbridos. No caso do teor de matéria orgânica e de matéria mineral, esse resultado pode ter ocorrido devido à baixa magnitude dos valores, o que dificulta a diferenciação entre os tratamentos. Já para o teor de matéria seca, esse resultado era esperado, já que os híbridos foram colhidos no período indicado para silagem, ou seja, com teor de matéria seca próximo a 33%.

Os coeficientes de variação ambiental foram adequados, oscilando de 0,24% a 18,48% (Anexo E), sendo classificados com variação baixa ( $< 10\%$ ) e média ( $< 20\%$ ), constatando precisão experimental (Pimentel-Gomes, 1990). As acurácias, relacionadas também a precisão experimental, apresentaram a classificação variando de moderada ( $0,5 < r < 0,7$ ) a alta ( $0,7 < r < 0,9$ ), de acordo com a classificação proposta por Cargnelutti Filho & Storck (2009). Para os caracteres em que os híbridos não apresentaram diferença significativa, observaram-se menores estimativas de acurácia, tendo em vista que, níveis mais elevados de acurácia são característicos de ensaios com maior variância genotípica e baixa variância residual. Assim, um valor de baixa acurácia não necessariamente indica baixa precisão experimental; esse resultado pode estar associado à ausência de variância entre os tratamentos. Esse fato também foi observado por Chieza et al. (2008) e Morais et al. (2013) para essas variáveis.

Para o experimento com maior adensamento, foram observadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os híbridos para os caracteres acidez, produtividade de matéria seca, produtividade de matéria verde e teor de matéria seca (Anexo F). Para os demais caracteres, os híbridos não apresentaram diferença significativa, semelhante ao que foi observado no experimento com espaçamento convencional. Os coeficientes de variação ambiental e acurácia foram coerentes e indicam boa precisão experimental. Não foi possível calcular a acurácia para matéria mineral e matéria orgânica visto que o valor atribuído a F foi inferior a 1.

Na análise de variância conjunta, para caracteres bromatológicos, foi observada significância ( $p \leq 0,05$ ) entre as densidades de plantio, com exceção de teor de matéria seca, teor de matéria mineral e teor de matéria orgânica (Anexo D), indicando que o aumento na densidade populacional influenciou o comportamento dos híbridos, alterando a média para esses caracteres. O fato de não ter sido observada diferença entre os experimentos para os

caracteres teor de matéria seca, teor de matéria mineral e de matéria orgânica não indica que o adensamento não influenciou nessas características; isso pode ter ocorrido pelos mesmos motivos discutidos anteriormente para as análises individuais desses caracteres.

A interação entre híbridos e densidades de plantio não foi significativa ( $p > 0,05$ ) para todos os caracteres bromatológicos (Anexo D). Tal fato evidencia que a densidade populacional influencia o comportamento dos híbridos de forma homogênea, ou seja, há variação nas médias dos híbridos com o adensamento, mas essa variação ocorreu de maneira uniforme entre os híbridos. Isso indica que os híbridos que se destacarem na densidade populacional convencional, também serão os melhores em condições de adensamento, possibilitando que a seleção para adensamento seja feita em fases mais avançadas do programa de melhoramento.

A acidez, aferida pelo pH, é um fator importante na qualidade da silagem, pois interfere no controle de microrganismos que são prejudiciais ao processo de armazenamento e conservação da silagem. Quando a silagem atinge valores de acidez entre 3,5 e 4,2, a ação desses microrganismos é interrompida, qualificando o material ensilado como de excelente qualidade (Pahlow et al., 2003). Todos os híbridos apresentaram estimativas de pH dentro desse intervalo para os dois níveis de densidade populacional, indicando que todos podem fornecer silagens de alta qualidade.

De acordo com Ferrari Junior et al. (2005), valores de pH iguais ou menores que 4 são ideais para produção de silagem com elevada qualidade. Isso indica que as silagens obtidas neste estudo passaram por adequado processo fermentativo, tendo o índice de pH como indicador de fermentação desejável. Concordando com estes resultados, Machado et al. (2018) encontraram valores de pH inferiores a 4 utilizando três diferentes densidades de plantio.

Os híbridos apresentaram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) na análise conjunta para o teor de matéria seca (Anexo D), indicando que houve variabilidade entre os híbridos quanto ao ponto de colheita. Entretanto, não foi observada significância entre as diferentes densidades, sugerindo que o ponto de colheita dos híbridos nos dois experimentos foi, em média, semelhante. As médias dos híbridos oscilaram de 28,68% (SHS7920) a 36,25% (HL1480) de matéria seca, com média geral de 32,96% (Tabela 3.2). Esse caráter indica o ponto no qual o milho foi colhido para ser ensilado, estando relacionado aos resultados nutricionais obtidos a partir do processo de fermentação.

**Tabela 3.2.** Médias dos híbridos para caracteres bromatológicos nas duas densidades de plantio

Híbridos	PH	MS	MM	MO	PB	FDN	FDA	NDT	PMV	PMS
30F53	3,97 a	34,92 a	2,11 a	97,9 a	7,09 a	34,36 a	16,71 a	76,15 a	454,7 b	169,0 b
AS 1596	3,83 a	32,55 b	2,53 a	97,5 a	6,53 a	38,52 a	18,83 a	74,66 a	648,1 a	215,4 a
DKB 310	3,76 a	30,59 b	2,62 a	97,4 a	7,26 a	39,09 a	19,86 a	73,94 a	653,7 a	197,9 a
BM 207	3,80 a	33,22 a	2,66 a	97,4 a	7,00 a	33,09 a	16,08 a	76,58 a	559,4 b	190,9 b
BM 3061	3,87 a	32,04 b	2,52 a	97,5 a	6,97 a	39,44 a	20,33 a	73,61 a	693,4 a	224,0 a
BM 709	3,84 a	32,30 b	2,61 a	97,4 a	6,73 a	38,40 a	19,46 a	74,22 a	672,1 a	215,7 a
BM 3063	3,87 a	33,84 a	2,07 a	97,9 a	7,50 a	36,61 a	18,08 a	75,19 a	680,0 a	227,5 a
BM 855	3,86 a	34,48 a	2,39 a	97,6 a	7,01 a	33,10 a	15,91 a	76,70 a	533,2 b	179,8 b
SHS 7920	3,77 a	28,68 b	2,75 a	97,3 a	7,26 a	41,44 a	21,32 a	72,92 a	751,3 a	199,5 a
LG3055	3,78 a	31,58 b	2,55 a	97,5 a	7,18 a	37,73 a	18,78 a	74,70 a	490,6 b	154,5 b
DKB 390	3,70 a	30,88 b	2,67 a	97,3 a	7,31 a	33,34 a	15,47 a	77,01 a	748,9 a	230,2 a
SHS 4080	3,79 a	33,95 a	2,53 a	97,5 a	7,00 a	33,53 a	16,20 a	76,50 a	501,0 b	168,0 b
HL 1480	3,83 a	36,25 a	2,22 a	97,8 a	6,46 a	31,28 a	15,43 a	77,05 a	577,2 b	201,2 a
SHS 4070	3,88 a	34,42 a	2,49 a	97,5 a	7,02 a	35,74 a	17,76 a	75,41 a	626,4 a	216,0 a
SHS 7990	3,84 a	35,07 a	2,39 a	97,6 a	7,03 a	36,83 a	18,44 a	74,93 a	588,5 b	202,6 a
P4285	3,83 a	31,27 b	2,84 a	97,2 a	6,58 a	39,12 a	19,10 a	74,47 a	757,6 a	241,7 a
30F35	3,86 a	34,19 a	2,54 a	97,4 a	7,48 a	33,01 a	15,55 a	76,96 a	570,4 b	179,6 b
AG1051	3,85 a	32,58 b	2,66 a	97,4 a	7,69 a	34,55 a	17,41 a	75,65 a	663,6 a	220,4 a
AS 1575	3,76 a	33,22 a	2,52 a	97,5 a	6,54 a	38,20 a	18,79 a	74,69 a	547,2 b	182,6 b
RB 9110	3,85 a	34,13 a	2,33 a	97,7 a	7,09 a	33,48 a	17,07 a	75,89 a	496,8 b	169,8 b
30S31	3,76 a	31,96 b	2,63 a	97,4 a	6,91 a	35,11 a	17,10 a	75,87 a	447,0 b	144,1 b
Média	3,82	32,96	2,50	97,5	7,03	36,00	17,79	75,38	602,9	196,7

PH: acidez; MS: teor de matéria seca (%); MM: teor de matéria mineral (%); MO: teor de matéria orgânica (%); PB: proteína bruta (%); FDN: fibra em detergente neutro (%); FDA: fibra em detergente ácido (%); NDT: nutrientes digestíveis totais (%); PMV: produção de matéria verde (g.planta<sup>-1</sup>); PMS: produção de matéria seca (g.planta<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam pelo teste de Scott-Knott a 5%.

O estágio de desenvolvimento da planta de milho para a colheita, bem como a cultivar utilizada, afetam a porcentagem de matéria seca e a quantidade de grãos na silagem. O intervalo ideal para colheita da planta de milho para ensilagem encontra-se entre 30% e 35% de matéria seca (Nussio et al., 2001). Valores abaixo do ideal resultam em perdas excessivas no processo de ensilagem; valores superiores alteram a fermentação devido a dificuldade de compactação. Embora tenham sido observadas diferenças significativas entre os híbridos e a variação das médias tenha sobressaído o intervalo estipulado como ideal para a colheita, não houve comprometimento da qualidade da silagem, sendo essa qualidade avaliada pelos valores de acidez já comentados. Variação semelhante foi obtida por Chaves (2009), abrangendo valores de 29,48% a 39,03%, sem comprometimento da qualidade da silagem.

O teor de matéria mineral variou de 2,07% (BM3063) a 2,84% (P4285) entre os híbridos, sendo observada média geral de 2,5% (Tabela 3.2). A matéria mineral é constituída pelo resíduo inorgânico, sendo obtida através do teor de cinzas resultante da queima da matéria orgânica. É o item de menor dimensão quando comparado aos demais constituintes da planta de milho (Harbers, 1998). De acordo com Pereira (2013) o teor ideal para matéria mineral na silagem de milho deve ser de 3%, podendo haver variação de 2% a 4%. Desta forma, os valores encontrados estão dentro dos padrões descritos.

A elevação do teor de matéria mineral é um indicativo de perdas durante o processo de ensilagem, pois quando a fermentação é inadequada há perdas do material orgânico, resultando em elevação dos teores de matéria mineral de forma proporcional. Tal fato não é interessante para produção de silagem, pois a perda da matéria orgânica resulta em perdas de outros componentes da matéria seca que são interessantes para elevação da qualidade nutricional da silagem, como carboidratos solúveis e proteína (Ashbell, 1995)

A matéria orgânica é resultado da matéria total sem o resíduo inorgânico e possui variação semelhante a matéria mineral (Harbers, 1998). O teor de matéria orgânica variou muito pouco entre os híbridos, de 97,2% a 97,9% (Tabela 3.2). A média desejável para esse caráter na silagem é de 97%, com variação entre 96 e 98%, sendo os valores obtidos para os híbridos neste trabalho satisfatórios.

Apesar de não serem identificadas diferenças significativas entre os híbridos para o teor de matéria mineral, de matéria orgânica e pH, todos os híbridos apresentaram estimativas satisfatórias para esses caracteres, considerando os híbridos de milho brasileiros. Esses resultados indicam que esses híbridos podem originar silagens de boa qualidade e,

também, podem ser utilizados na formação de populações base para programas de melhoramento para produção de silagem, considerando-se esses caracteres.

O nível proteico tem grande reflexo na qualidade nutricional da silagem, sendo obtido a partir da proteína bruta. É utilizado na base dos cálculos para dietas animais, sendo preferidos híbridos com altos teores de proteína. Segundo critérios estabelecidos por Neumann (2011), os valores ideais para essa variável encontram-se entre 7% e 10%. Neste trabalho, a média geral para proteína bruta foi de 7,03% (Tabela 3.2), valor considerado satisfatório para produção de silagem. O desenvolvimento adequado de bactérias ruminais é obtido quando o teor de proteína bruta atinge 7%, sendo, portanto, o valor mínimo desejado nas cultivares (Van Soest, 1994).

Observou-se diferença significativa entre experimentos, resultando em diferenças nas médias dos teores de proteína bruta para as duas densidades de plantio. No experimento com densidade convencional, o teor médio de proteína bruta foi de 7,33%, e no experimento com maior densidade de plantio, o teor médio foi de 6,73% (Anexo E e F). Esta diminuição do teor de proteína bruta no experimento com maior adensamento se deve ao aumento do número de plantas por área, que resulta em maior proporção de partes fibrosas, como colmo e sabugo, alterando a proporção de proteína (Pinter et al., 1994; Graybill et al., 1991).

Com o aumento da densidade de plantas há, também, o aumento da altura de plantas, como já mencionado, e por consequência, incremento na fração verde total. Os valores de proteína bruta medidos na fração verde são, geralmente, inferiores, variando de 4% a 7%. Contudo, para os grãos, o valor de proteína bruta, em média, encontra-se entre 7% e 9,2% (Johnson et al., 1985; Hunt et al., 1993; Almeida Filho, 1996). Estas afirmações também justificam os resultados encontrados, sendo que, com o aumento populacional, houve elevação do tamanho das plantas e diminuição dos componentes de espigas, fazendo que a proporção de grãos na massa verde tenha sido menor. Tendo em vista que o teor de proteína presente no grão tende a ser maior que na massa verde, a redução na proporção de grãos resultaria em silagens menos proteicas. Assim, para atingir elevados níveis de proteína, deve-se buscar plantas menores, com reduzido número de colmos e partes fibrosas, e com espigas maiores.

É possível observar um padrão nos teores de proteína em diversos trabalhos que avaliaram híbridos de milho brasileiros, variando de 5,9% a 7,77% (Neumann et al., 2018; Rossi, 2014; Gralak et al., 2014; Nussio, 2001; Alvarez et al., 2006; Chaves, 2009). Nota-se

que os teores de proteína bruta obtidos nos híbridos nacionais são, em grande maioria, inferiores ao ideal estabelecido, que seria entre 7% a 10%. Para híbridos de milho temperados, são observadas estimativas de proteína bruta nas silagens oscilando de 8,4% a 9% (Arriola, 2006; Zsubori et al., 2013). Estes teores mais elevados são justificados pela base genética dos híbridos utilizados em clima temperado, que possuem elevados valores proteicos (Rossi, 2014), e indicam que é possível e necessário aumentar o teor de proteína bruta dos híbridos brasileiros.

O valor da fração fibrosa é de extrema importância para o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos para ruminantes, servindo como indicativo da digestibilidade desses alimentos. De forma geral, quanto menor a quantidade de fibra na silagem, mais digestível ela é para os animais (Casler & Jung, 1999). Baseia-se, principalmente, nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), que indica a quantidade total de fibras presentes na silagem, correspondendo, em sua maioria, a celulose, hemicelulose e lignina (Krakowsky et al., 2006); e fibra em detergente ácido (FDA), que é constituída, quase em sua totalidade, de celulose e lignina (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Os teores de fibra em detergente neutro obtidos variaram de 33,01% (30F35) a 41,44% (SHS7920), com média geral de 36% (Tabela 3.2), sem diferenciação significativa entre os híbridos. Esses resultados são inferiores aos relatados na literatura, em que o teor de FDN varia de 45% a 52% (Argillier et al. 2000; Jaremtchuk et al., 2005; Rosa et al., 2004; Oliveira et al., 2014). Isso indica que os híbridos aqui avaliados apresentaram quantidade de fibra mais favorável a alimentação animal (Casler & Jung, 1999). De acordo com Cruz et al. (2001), silagens de milho com estimativas superiores a 50% para FDN podem limitar seu consumo pelos animais.

Como os grãos têm pouca fibra, valores reduzidos para FDN indicam, geralmente, silagens com maior quantidade de grãos. Por outro lado, valores maiores de FDN indicam menores quantidades de grãos e/ou que a silagem pode ter sido colhida tardiamente, ou seja, com teor de matéria seca acima de 37%. Um fator que pode contribuir para a redução da FDN é o aumento na altura do corte da planta, pois a parte basal do colmo apresenta maior concentração de fibras, havendo, assim, alteração na fração fibrosa da silagem. Com o aumento da altura de corte, há aumento da proporção de grãos na silagem, o que promove redução da FDN e ganhos no valor nutricional (Neumann et al., 2007; Caetano et al., 2012), contudo reduz a produtividade de matéria verde e, conseqüentemente, de matéria seca.

Os teores de FDN observados diferiram entre as densidades de plantio, com média de 33,77% na densidade convencional de plantio, e de 38,23% no experimento adensado (Anexo E e F). O aumento do teor de FDN pode ser explicado pela maior altura das plantas em condições de plantio adensado e, conseqüentemente, aumento da massa verde e da quantidade de colmos, contribuindo para maior FDN. De acordo com Boomsma et al. (2009), maiores densidades de semeadura levam a uma competição intraespecífica que muitas vezes está associada a declínios na biomassa das plantas. Com isso haveria uma menor produção de grãos por planta e conseqüentemente aumento das outras frações, com elevação na fração fibrosa, assim como o observado neste trabalho. Entretanto, os valores de FDN encontrados em ambos experimentos se adequam aos limites estabelecidos para produção de silagem com elevada qualidade.

Para fibra em detergente ácido (FDA), as médias oscilaram de 15,43% (HL1480) a 21,32% (SHS7920), com média geral de 17,79% (Tabela 3.2), sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os híbridos. O teor de FDA corresponde a porção de fibra menos digerível, sendo ideal, para silagem de milho, valores de FDA inferiores a 30% (Fancelli & Dourado Neto, 2000). A FDA corresponde aos teores de celulose e lignina presentes na FDN. Assim, menores estimativas para FDA eram esperadas, visto que houve diminuição da quantidade total de fibras neste experimento, como já comentado.

A densidade populacional também influenciou nos teores de FDA, com médias de 16,48% e 19,11% para os experimentos com densidade convencional e adensado, respectivamente (Anexo E e F). A FDA é responsável pela sustentação da planta a campo, com aumento da densidade populacional há elevação da altura e, conseqüentemente, da proporção de colmo, que é composto em grande maioria de lignina, principal componente da FDA. Resultado semelhante foi observado por Baghdadi et al. (2012), sendo justificado pela redução nas proporções entre folhas e colmo, e entre espiga e planta inteira, influenciando negativamente sobre a fração fibrosa.

Conhecer as frações e composições dos alimentos fornecidos na dieta animal é importante, pois esses dados auxiliam na formulação de dietas. Em silagens, os nutrientes digestíveis totais correspondem aos valores referentes a fração energética, sendo de grande importância, uma vez que, a silagem de milho pode ser classificada como um volumoso energético (Machado et al., 2018).

Foi observada estimativa média de 75,38% para nutrientes digestíveis totais (NDT) (Tabela 3.2). As médias entre os experimentos diferiram entre si, correspondendo a

76,31% no experimento com densidade de plantio convencional, e 74,46% no experimento adensado (Anexo E e F). O cálculo para estimar o NDT teve por base apenas os teores de FDA, devido a sua elevada proporção de lignina, que corresponde a fração indigestível da planta, inversamente proporcional ao teor de NDT. Assim, os resultados obtidos para as duas variáveis possuem correspondência, visto que com o aumento de FDA, há redução do NDT, bem como a redução do FDA reflete em incremento do NDT, sendo este segundo caso mais interessante para qualidade da silagem.

Segundo Flaresso et al. (2000), para ser considerada de boa qualidade, a silagem deve apresentar valores mínimos de NDT em torno de 64%. Os valores aqui encontrados se adequam as especificações mínimas para essa variável, e indicam que os híbridos avaliados possuem elevada digestibilidade. No entanto, como a fórmula é baseada apenas em uma variável (FDA), deve-se interpretar esses dados com cautela, visto que outros caracteres podem contribuir para a digestibilidade real da silagem, como, por exemplo, a proporção de grãos. De forma geral, o aumento da proporção de grãos na massa ensilada e, concomitantemente, menor participação de colmo, eleva a qualidade da silagem, pois reduz o teor de fibras e maximizam o aproveitamento do alimento pelo animal (Restle et al., 2002).

No que diz respeito à produtividade, foram observadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os híbridos para produtividade de matéria verde e produtividade de matéria seca (Anexo D). A média geral para produtividade de matéria verde foi de 602,9 g.planta<sup>-1</sup>, com valores variando de 447 g.planta<sup>-1</sup> (30S31) a 757,6 g.planta<sup>-1</sup> (P4285) (Tabela 3.2). Segundo Ferrari Junior et al. (2005), a produtividade de matéria verde é uma das principais variáveis a serem avaliadas quando se busca informações sobre uma determinada cultivar para confecção de silagem. Quanto maior a produtividade de matéria verde de um genótipo, maior a produtividade de matéria seca total, refletindo no rendimento do genótipo e, conseqüentemente, sua viabilidade. Entretanto, um híbrido com alta produtividade de matéria verde não é, necessariamente, um bom genótipo para silagem, sendo importante a análise de outros fatores voltados para qualidade nutricional.

Foi observada diferença significativa entre experimentos para produtividade de matéria verde, com média de 698,37 g.planta<sup>-1</sup> para densidade convencional e 507,45 g.planta<sup>-1</sup> em experimento adensado (Anexo E e F). Isso evidencia que, com o aumento populacional, embora a altura das plantas tenha sido maior, houve redução na massa verde total por planta, provavelmente por terem apresentado colmo mais fino. Contudo, o número de plantas no experimento adensado corresponde ao dobro do experimento convencional,

garantindo maior produtividade de matéria verde por hectare, mesmo com a redução do valor por planta.

A produtividade de matéria seca está amplamente relacionada a produtividade de matéria verde e ao teor de matéria seca, caracterizando-se como o produto final, utilizado nos cálculos de produção e nutrição. A média geral obtida neste trabalho para produtividade de matéria seca foi de 196,7 g.planta<sup>-1</sup>, com diferenças significativas entre híbridos (Anexo D) e valores variando de 144,1 g.planta<sup>-1</sup> (30S31) a 241,7 g.planta<sup>-1</sup> (P4285) (Tabela 3.2). A produtividade de matéria seca nos dois experimentos foram estatisticamente diferentes, apresentando médias de 225,17 g.planta<sup>-1</sup> e 168,19 g.planta<sup>-1</sup> para o experimento convencional e adensado, respectivamente (Anexo E e F).

A redução observada para as estimativas de produtividade de matéria verde e seca por planta no experimento adensado se deve a maior competição ao qual as plantas foram expostas. Com um aumento populacional muito elevado, há maior competição entre as plantas por água, nutrientes e luz, superando os efeitos do melhor arranjo espacial, resultando em diminuição no desenvolvimento de folhas e massa verde no geral. (Bruns & Abbas, 2005; Demétrio et al., 2008). Entretanto, conforme comentado anteriormente, a menor produtividade por planta é compensada pela maior produtividade por área, tornando o plantio adensado viável. Alterando a unidade de medida para hectare, nota-se que a produtividade de matéria verde estimada é de 38,76 t.ha<sup>-1</sup> no plantio convencional, e 56,32 t.ha<sup>-1</sup> no plantio adensado. Para produtividade de matéria seca, na densidade convencional, o valor médio estimado é de 12,5 t.ha<sup>-1</sup>, e na maior densidade de plantio, é de 18,6 t.ha<sup>-1</sup>. A relação de custo-benefício desse aumento populacional não foi calculada visto que o objetivo desta avaliação se resumia em analisar o potencial dos híbridos para o adensamento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Chaves (2009), com produção de matéria verde de 35,04 t.ha<sup>-1</sup> e produção de matéria seca de 12,25 t.ha<sup>-1</sup> na mesma densidade de plantio convencional utilizada neste trabalho (55.500 plantas.ha<sup>-1</sup>). Mello et al. (2005) constataram produtividade inferior, de 22,4 t.ha<sup>-1</sup> para matéria verde, e de 8,71 t.ha<sup>-1</sup> para matéria seca, utilizando 60 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. Lupatini et al. (2010) e Klein et al. (2018) atingiram produções superiores, sendo as médias observadas para produção de matéria verde de 45 t.ha<sup>-1</sup> e 41,3 t.ha<sup>-1</sup>, e para matéria seca de 14,9 t.ha<sup>-1</sup> e 15,32 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com densidades de 55 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. De forma geral, as variações encontradas são influenciadas pelo ciclo, altura, densidade, época de colheita e demais fatores relacionados ao híbrido selecionado (Mello et al., 2005).

Os híbridos com maiores produtividades no experimento com densidade convencional se mantiveram superiores em condições de adensamento, visto que não houve interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre híbridos e densidades de plantio (Anexo D). Assim, a seleção de híbridos em condições de maior adensamento visando a produtividade pode ser feita em fases mais avançadas do programa de melhoramento. Os genótipos que apresentaram os melhores desempenhos para essas duas variáveis foram AS 1596, DKB 310, BM 3061, BM 709, BM 3063, SHS 7920, DKB 390, SHS 4070, P4285, AG1051.

### 3.4 IDENTIFICAÇÃO DE HÍBRIDOS SUPERIORES E ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO

A fase inicial de qualquer programa de melhoramento é a escolha dos genótipos que serão utilizados como genitores na formação das populações base do programa (Ramalho et al., 2012). Uma estratégia é a utilização de germoplasma comercial, que além de reduzir o tempo destinado ao melhoramento de características básicas para a comercialização, já que aproveita o melhoramento realizado na obtenção desses genótipos superiores, aumenta a probabilidade de obtenção de genótipos transgressivos para os caracteres de interesse. No caso do melhoramento de milho, é importante que a população base seja formada por genótipos com alelos favoráveis, ou seja, que apresentam alta média para os caracteres de interesse, e contrastantes nos locos com presença de dominância para que seja possível explorar a heterose dos cruzamentos (Falconer & Mackay, 1996).

No caso dos programas de melhoramento de milho para silagem, após a caracterização do germoplasma disponível, o cruzamento entre os genótipos que se destacaram deve ser realizado de forma a combinar suas características agronômicas e bromatológicas superiores para formar uma população base com variabilidade genética e alta frequência alélica. Posteriormente, a população formada pode ser conduzida utilizando diferentes estratégias de melhoramento.

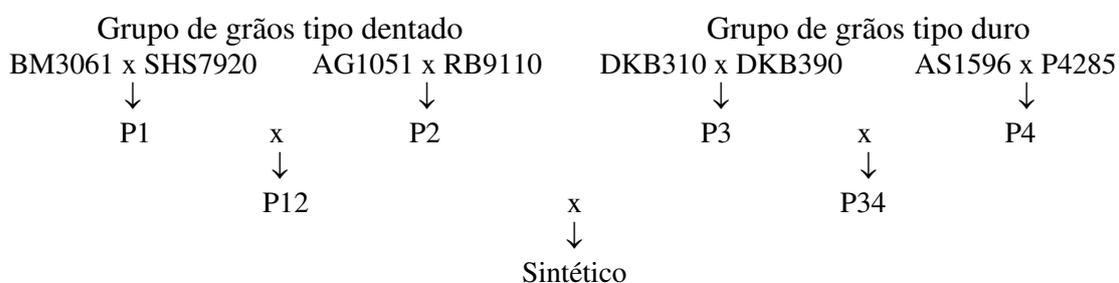
Uma estratégia de curto prazo é a formação de um sintético a partir do cruzamento de alguns híbridos superiores. Sabe-se que, geralmente, há expressão de heterose com o cruzamento de genótipos de grãos do tipo dentado com aqueles de grãos do tipo duro (Tavares, 1997). Assim, sugere-se a seleção de quatro híbridos com grãos do tipo dentado e de quatro híbridos com grãos do tipo duro que apresentem boa combinação de características agronômicas e bromatológicas. A combinação dos oito híbridos pode ser feita na forma de

pirâmide, de modo que, após poucas gerações de cruzamentos, é possível obter um sintético com potencial para produção de silagem (Figura 1).

Considerando inicialmente as médias dos híbridos para os caracteres bromatológicos, os híbridos que se destacaram para produtividade de matéria verde e de matéria seca simultaneamente foram AS 1596, DKB 310, BM 3061, BM 709, BM 3063, SHS 7920, DKB 390, SHS 4070, P4285 e AG1051 (Tabela 3.2). Para os demais caracteres bromatológicos, os híbridos não apresentaram diferença significativa, exceto para teor de matéria seca. Entretanto, esse caráter depende da época de corte das plantas e não precisa ser considerado na escolha dos genótipos, já que todos, em algum momento, atingem o teor de matéria seca ideal para produção de silagem.

Desses 10 híbridos, destacam-se, para os caracteres agrônômicos, os híbridos com grãos do tipo duro AS 1596, DKB 310, DKB 390 e P4285; e os híbridos com grãos do tipo dentado BM 3061, SHS 7920 e AG 1051. Embora esses híbridos não tenham sido superiores para todos os caracteres agrônômicos, em geral, eles foram os que apresentaram as melhores médias para a maioria dos caracteres (Tabela 3.1, Anexo A). Além desses, o híbrido RB 9110, de grão do tipo dentado, destacou-se por ser o único a apresentar menor número de dias para o florescimento feminino e masculino, e menores alturas de planta e espiga simultaneamente (Tabela 3.1).

Portanto, considerando essa primeira estratégia, sugere-se o cruzamento desses oito híbridos em esquema de pirâmide para formação de um sintético de milho, de forma a combinar suas características superiores e explorar a heterose, através do cruzamento final de uma população de grãos do tipo dentado com outra de grãos do tipo duro. Assim, após poucas gerações de cruzamentos, é possível obter um sintético com potencial para produção de silagem (Figura 1).



**Figura 3.1.** Esquema de cruzamentos para obtenção de um sintético de milho com potencial para produção de silagem

Outra estratégia é cruzar os quatro híbridos com grãos tipo dentado com os quatro híbridos com grãos tipo duro em esquema de dialelo parcial. Com isso, formam-se 16 populações que podem ser utilizadas diretamente no programa de melhoramento. Ainda, a partir dos híbridos que apresentarem a melhor combinação, através das estimativas de capacidade geral e específica de combinação obtidas na análise dialélica, podem-se gerar duas populações para serem conduzidas em esquema de seleção recorrente recíproca para produção e qualidade de silagem, uma com grãos do tipo dentado, e outra com grãos do tipo duro. Essa estratégia permite o aumento gradativo da frequência dos alelos favoráveis para os diversos caracteres bromatológicos e agrônômicos, mantendo a variabilidade genética da população, garantindo a condução do programa de melhoramento a longo prazo (Ramalho et al., 2012).

Uma terceira estratégia é a obtenção de linhagens a partir da autofecundação dos híbridos. O número de híbridos a serem autofecundados depende da estrutura do programa e da quantidade de mão-de-obra disponível para realizar as autofecundações. Como a partir da autofecundação de um híbrido é possível obter diferentes linhagens, apenas quatro híbridos podem ser suficientes para gerar um número considerável de linhagens para um programa de melhoramento de milho para silagem do porte do realizado pela UFG. Nesse caso, os híbridos AG 1051 e RB 9110, de grãos tipo dentado, e AS 1596 e DKB 310, de grãos tipo duro, são preferidos, pois apresentaram boa performance considerando todos os caracteres agrônômicos e bromatológicos, simultaneamente (Tabelas 3.1 e 3.2). Lembrando que o híbrido RB 9110, embora não tenha apresentado a melhor performance para os componentes de espiga e para produção de matéria verde e matéria seca, apresentou menor altura de planta e espiga e precocidade, sendo necessário para a obtenção de linhagens com essas características.

Os híbridos podem ser autofecundados por cerca de 7 a 8 gerações, sendo amostradas em torno de 100 sementes de cada. Ao final do processo, são geradas 400 linhagens que podem ser cruzadas com um testador, que pode ser uma linhagem elite ou um híbrido comercial, a fim de serem alocadas em grupos heteróticos que servirão de base para o programa de melhoramento.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os híbridos apresentaram variabilidade para todos os caracteres agronômicos (Tabela 3.1). Comparando os experimentos realizados com densidade de plantio convencional (55 mil plantas.ha<sup>-1</sup>) e plantio adensado (111 mil plantas.ha<sup>-1</sup>), observa-se que o adensamento influencia a performance dos híbridos para quase todas as variáveis analisadas. Entretanto, só foi verificada interação entre híbridos x densidades de plantio para peso de espigas (Anexo D), indicando que os híbridos superiores em condições de plantio convencional, também se destacam em condições de adensamento para a grande maioria dos caracteres. Assim, os híbridos têm potencial para serem conduzidos em plantio adensado e a avaliação dos genótipos pode ser realizada na densidade de plantio convencional, mesmo que o objetivo do programa de melhoramento seja obter híbridos para condições de adensamento.

Nenhum híbrido apresentou performance superior para todos os caracteres agronômicos (Tabela 3.1), indicando a importância da condução de um programa de melhoramento de milho para silagem que considere esses caracteres e, também, a complexidade da avaliação e seleção para múltiplos caracteres. O híbrido RB 9110 se destacou para os caracteres florescimento feminino e masculino, e altura de planta e de espiga. Sabendo que o mercado almeja híbridos cada vez mais precoces, especialmente para plantio em segunda safra, e plantas mais baixas, visando facilitar o manejo e diminuir o acamamento e o quebramento das plantas, esses caracteres são de extrema importância para o produtor e para os programas de melhoramento.

Para os componentes de espiga, destaca-se o híbrido AS 1596, que apresentou performance superior para todos os componentes, exceto diâmetro do sabugo, e alta produção de grãos e de espigas (Tabela 3.1). A produtividade de grãos e de espigas são os principais caracteres considerados na seleção de híbridos superiores pelos programas de melhoramento pois, quanto maior a proporção de grãos, maior a qualidade da silagem (Almeida Filho et al., 1996; Flaresso et al., 2000).

Entretanto, esses caracteres apresentam, geralmente, herdabilidade baixa em nível de planta (Crispim Filho, 2018; Silva, 2018), o que diminui a eficiência da seleção (Ramalho et al., 2012). Assim, a produtividade de milho é frequentemente avaliada com base na combinação dos componentes de espiga, que possuem maior herdabilidade e alta

correlação com produtividade de grãos e de espigas (Souza et al., 2008; Crispim Filho, 2018).

Além do híbrido AS 1596, o híbrido AG 1051 também apresentou elevada performance para a maioria dos componentes de espiga, com exceção apenas de posição relativa da espiga, número de grãos por fileira da espiga e diâmetro de sabugo (Tabela 3.1). Assim, esse híbrido também é uma opção interessante para o melhoramento de milho silagem que tenha por objetivo aumentar a produtividade.

Considerando as avaliações bromatológicas, de forma geral, todos os híbridos apresentaram estimativas adequadas para os caracteres relacionados à produção e qualidade de silagem (Tabela 3.2). Como comentado anteriormente, apesar dos híbridos não apresentarem variabilidade para acidez (pH), teor de matéria orgânica e teor de matéria mineral, todos apresentaram estimativas satisfatórias para esses caracteres, com médias de 3,82 para pH, 2,5% para matéria mineral e 97,5% de matéria orgânica. Para proteína bruta, os híbridos também não se diferenciaram e apresentaram média de 7,05%. Esse valor está condizente com a porcentagem encontrada em híbridos brasileiros (Neumann et al., 2018; Rossi, 2014; Gralak et al., 2014; Nussio et al., 2001; Alvarez et al., 2006; Chaves, 2009), porém abaixo das médias de híbridos de milho temperados (Arriola, 2006; Zsubori et al., 2013). Sabendo que o teor de proteína bruta está altamente relacionado ao valor nutritivo da silagem (Neumann, 2011; Van Soest, 1994), esses resultados indicam que os programas de melhoramento devem direcionar seus esforços para esse caráter.

Os híbridos também apresentaram teor de fibra dentro do padrão recomendado para a produção de uma silagem com elevada qualidade (Cruz et al., 2001), não diferindo entre si. O valor da fração fibrosa é de extrema importância para o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos para ruminantes, servindo como indicativo da digestibilidade desses alimentos. O teor de FDN indica a quantidade total de fibras presentes na silagem, correspondendo, em sua maioria, a celulose, hemicelulose e lignina (Krakowsky et al., 2006). O teor de FDA corresponde a fibra indigestível, sendo composta, quase em sua totalidade, de celulose e lignina (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

A fração energética da silagem é quantificada pelo teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), que deve ser, no mínimo, de 64% (Flaresso et al., 2000). Os híbridos não se diferiram quanto ao teor de NDT, apresentando média de 75,38% (Tabela 3.2). Esses resultados indicam que os híbridos avaliados possuem elevado valor nutricional. No entanto, como comentado anteriormente, a fórmula utilizada para o cálculo do NDT neste estudo é

baseada apenas em uma variável (FDA). Assim, deve-se interpretar esses resultados com cautela, visto que outros caracteres podem contribuir para a digestibilidade real da silagem, como, por exemplo, a proporção de grãos (Restle et al., 2002).

Os caracteres bromatológicos supracitados estão relacionados à qualidade de silagem, e indicam que os híbridos avaliados neste estudo têm potencial de produzir silagem de qualidade satisfatória. Quanto à produtividade da silagem, os híbridos apresentaram variabilidade, variando de 447 g.planta<sup>-1</sup> (30S31) a 757,6 g.planta<sup>-1</sup> (P4285) para produtividade de matéria verde, e de 144,1 g.planta<sup>-1</sup> (30S31) a 241,7 g.planta<sup>-1</sup> (P4285) para produtividade de matéria seca. Os híbridos que apresentaram performance superior para esses dois caracteres foram AS 1596, DKB 310, BM 3061, BM 709, BM 3063, SHS 7920, DKB 390, SHS 4070, P4285, AG1051.

Inúmeras estratégias de melhoramento podem ser propostas a partir do cruzamento desses híbridos. A curto prazo, é possível obter um sintético a partir do cruzamento de oito híbridos em esquema de pirâmide, de forma que o último cruzamento seja realizado entre uma população de grãos tipo dentado e outra de grãos tipo duro. Nesse caso, os oito híbridos que apresentaram melhor combinação de características superiores foram AS 1596, DKB 310, DKB 390 e P4285 (grãos tipo duro), e BM 3061, SHS 7920, AG 1051 e RB 9110 (grãos tipo dentado).

A longo prazo, esses híbridos podem ser cruzados em esquema de dialelo parcial para gerar 16 populações que servirão de base para o programa de melhoramento, ou ainda para indicar os híbridos que apresentam as melhores capacidades geral e específica de combinação. Estes podem dar origem a duas populações para serem conduzidas em esquema de seleção recorrente recíproca, melhorando, a cada ciclo, a frequência de alelos favoráveis para os caracteres agrônômicos e bromatológicos de interesse.

Por fim, esses híbridos podem ser autofecundados por cerca de sete gerações para obtenção de linhagens. As linhagens obtidas ao final do processo podem ser cruzadas com testadores e alocadas em grupos heteróticos que serão base para o programa de melhoramento.

Sabe-se que a interação genótipos x ambientes é expressiva para a maioria dos caracteres quantitativos, que são aqueles de herança complexa e altamente influenciados pelo ambiente (Ramalho et al., 2012). Assim, os resultados encontrados no presente trabalho podem ser diferentes se esses mesmos híbridos forem avaliados em outras condições ambientais. Ademais, os caracteres avaliados apresentam correlação entre si, que nem

sempre ocorre no sentido favorável aos mesmos (Crispim Filho, 2018, Silva, 2018; Paziani et al., 2009; Alves et al., 2016), o que pode dificultar a obtenção de genótipos superiores para todos esses caracteres, no contexto do melhoramento genético. Estudos da associação entre esses caracteres são, então, extremamente importantes para auxiliar os melhoristas nas tomadas de decisão durante a condução do programa.

Mesmo assim, devido à alta precisão experimental obtida, à avaliação de uma ampla gama de híbridos utilizados atualmente e ao detalhamento das avaliações para os caracteres agrônômicos e bromatológicos, acredita-se que os resultados desse estudo podem fornecer grande contribuição para a melhor escolha de híbridos de milho para produção de silagem pelos produtores, e informações úteis sobre os genitores que serão utilizados pelo programa de melhoramento de milho visando produção e qualidade de silagem.

### 3.6 CONCLUSÕES

Os híbridos AS1596 e AG1051 se destacaram quanto aos componentes de espiga e aos caracteres bromatológicos, sendo esses os genótipos com melhor desempenho para silagem entre os que aqui foram comparados. Além de serem recomendados ao produtor, esses híbridos podem ser utilizados na formação de populações base nos programas de melhoramento de milho visando a produção e a qualidade de silagem.

Para obtenção de maior variabilidade genética, os híbridos DKB310, BM3061, SHS7920, DKB390 e P4285 também podem ser utilizados nos programas de melhoramento considerando inúmeras estratégias. Se o objetivo do programa for obter plantas precoces e mais baixas, o híbrido RB 9110 também pode ser utilizado.

A performance dos híbridos nas diferentes densidades se manteve para todos os caracteres analisados, com exceção do peso de espiga, indicando que a avaliação dos genótipos com potencial para o adensamento pode ser feita em fases mais adiantadas do programa de melhoramento. A utilização de maior densidade populacional é favorável para obtenção de ganhos na produtividade sem prejudicar o valor nutricional da silagem.

### 3.7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, S. L. **Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays*, L.) para silagem.** 1996. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

ALVAREZ, C. G. D.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

AFFÉRI, F. S.; MARTINS, E. P.; PELUZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; RODRIGUES, V. M. Espaçamento e densidade de semeadura para a cultura do milho, em plantio tardio, no estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, p. 128-133, 2008.

ARGENTA, G.; SILVA, P. D.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

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, 2000.

ARRIOLA, K. G. **Effect of stay-green ranking, maturity and moisture concentration of corn hybrids on silage quality and the health and productivity of lactating dairy cows**. 2006. 114p. Dissertação (Mestrado) - University of Florida, Citra, 2006.

ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G.; HEN, Y. Studies of quality parameters of variety ensiled broiler litter. **Animal feed science and technology**, Bet Dagan, v. 52, n. 3-4, p. 271-278, 1995.

BAGHDADI, A.; HALIM, R. A.; MAJIDIAN, M.; DAUD, W. N. W.; AHMAD, I. Plant density and tillage effects on forage corn quality. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.10, n.2, p.366-370, 2012.

BELLO, O. B.; ABDULMALIQ, S. Y.; AFOLABI, M. S.; IGE, S. A. Correlation and path coefficient analysis of yield and agronomic characters among open pollinated maize varieties and their F<sub>1</sub> hybrids in a diallel cross. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 9, n. 18, p. 2633-2639, 2010.

BOOMSMA, C. R.; SANTINI, J. B.; TOLLENAAR, M.; VYN, T. J. Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 6, p. 1426-1452, 2009.

BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K. Ultra-high plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi valley. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.1136-1140, 2005.

CAETANO, H.; OLIVEIRA, M. D. S. D.; FREITAS JÚNIOR, J. E. D.; RÊGO, A. C. D.; CARVALHO, M. V. D.; RENNÓ, F. P. Bromatological evaluation of eleven corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 11-17, 2012.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 111-117, 2009.

CASLER, M. D.; JUNG, H. J. G. Selection and evaluation of smooth bromegrass clones with divergent lignin or etherified ferulic acid concentration. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1866-1873, 1999.

CHAVES, L. G. **Seleção de genitores comerciais e controle genético de características agrônômicas e nutricionais de plantas de milho para silagem**. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK R. E.; HARRISON J. H. Silage Science and Technology. **American Society of Agronomy**, Madison, 2003, p. 141-198.

CHIEZA, E. D.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; SANTI, M. A. M. Aspectos agrônômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.30, n.1 p.67-73, 2008.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lavras, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

COUTO, C. A.; SILVA, E. M.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, M. T. P.; VASCONCELOS, J. C.; SILVA, A. R.; SOBREIRA, E. A.; MOURA, J. B. Desempenho de Cultivares de Milho Destinados para Produção de Milho Verde e Silagem. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 232-251, 2017.

CRISPIM FILHO, A. J. **Estimação de parâmetros genéticos e análise de trilha em uma população de milho com potencial para seleção recorrente**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

CRUZ, J. C. Cultivares de milho para silagem. In: Congresso nacional de estudantes de zootecnia, 1998, Viçosa, **Anais eletrônicos**, Viçosa: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/481822/1/Cultivaresmilho.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, p. 1691-1697, 2008.

DOURADO NETO, D.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; PALHARES, M.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 03, 2003.

DUVICK, D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). **Advances in Agronomy**, Madison, v. 86, p. 83-145, 2005.

EDMEADES, G. O.; BOLANOS, J.; ELINGS, A.; RIBAUT, J. M.; BÄNZIGER, M.; WESTGATE, M. E. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: WESTGATE, M. E; BOOTE, K. J. Physiology and modeling kernel set in maize. **CSSA**, Madison, n. 29, p. 43-73, 2000.

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. **Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 168 p.

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

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; ANDRADE, J. B. Características agronômicas, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. D. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1608-1615, 2000.

FONSECA, A. H.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S.; CARVALHO, G. S. Características agronômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho visando à produção de silagem de alto valor nutritivo. **Revista Ceres**, Lavras, v. 49, n. 281, p. 41-54, 2002.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; JESUS, O. N.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 393-401, 2012.

GABRIEL, A.; FARIA, M. V.; BATTISTELLI, G. M.; ROSSI, E. S.; SILVA, C. A.; MARCK, D. F.; GAVA, E. Desempenho agrônomico e estabilidade de topcrosses de milho avaliados em Minas Gerais e Paraná. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 2, p. 303-316, 2018.

GOODMAN, M. M.; SMITH, J. S. C. Botânica. In PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 39-78.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; POSSATO JÚNIOR, O.; ROSSI, E. S.; SILVA, C. A.; RIZZARD, D. A.; MENDES, M. C.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agrônomicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; FIGUEIREDO, A. S. T.; RIZZARDI, D. A.; NEUMANN, M.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; GALBEIRO, S. Genetic divergence among corn hybrids and combining ability for agronomic and bromatological traits of silage. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, 2017.

GRAYBILL, J. S.; COX, W. J.; OTIS, D. J. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. **Agronomy journal**, Madison, v. 83, n. 3, p. 559-564, 1991.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468 p

HARBERS, L. H. Ash analysis. In: NIELSEN S. S. **Food analysis**. 2 ed. West Lafayette: Aspen Publishers, 1998. p. 141-150.

HÜLSE, J. **Altura de colheita do milho para silagem: valor nutritivo, balanço de nutrientes no solo, produção animal e desempenho econômico**. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

HUNT, C. W.; KEZAR, W.; HINMAN, D. D.; COMBS, J. J.; LOESCHE, J. A.; MOEN, T. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. **Journal of animal science**, Champaign, v. 71, n. 1, p. 38-43, 1993.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agrônomicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 181-188, 2005.

JOHNSON JÚNIOR, J. C.; MONSON, W. G.; PETLIGREW, W. T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. **Nutrition Reproduction International**, Los Altos, v.32, n.4, p.953- 958, 1985.

KINFE, H.; TSEHAYE, Y. Studies of heritability, genetic parameters, correlation and path coefficient in elite maize hybrids. **Academic Research Journal of Agricultural Science and Research**, Sapele, v. 3, n. 10, p. 296-303, 2015.

KJELDAHL, J. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, Berlim, v. 22, p. 366-382, 1883.

KLEIN, J. L.; VIANA, A. F. P.; MARTINI, P. M.; ADAMS, S. M.; GUSATTO, C.; BONA, R. A.; RODRIGUES, L. S.; ALVES FILHO, D.; BRONDANI, I. L. Desempenho produtivo de híbridos de milho para produção de silagem de planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, p. 101-110, 2018.

KRAKOWSKY, M. D.; LEE, M.; COORS, J. G. Quantitative trait loci for cell wall components in recombinant inbred lines of maize (*Zea mays* L.) II: leaf sheath tissue. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 112, n. 4, p. 717-726, 2006.

LIMA, J. L.; SOUZA, J. C.; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 127-131, 2008.

LI, Y.; DONG, Y.; NIU, S.; CUI, D. The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**, Toronto, v.50, n.4, p.357-364, 2007.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; BANZATTO, D. A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 99-103, 1999.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, 2010.

MACHADO, D. S.; PEREIRA, L. B.; NÖRNBERG, J. L.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; FRASSON, J. J. N. Composição estrutural da planta e bromatológica da silagem de milho semeado com diferentes arranjos populacionais. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 20, n. 1, 2018.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O.; GOMIDE, R. L. **Fisiologia da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1996, 15-33 p.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. D. O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, 2009.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Plant density and agronomic traits of maize hybrids in narrow row spacing. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93, 2005.

MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 173-192, 2012.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.

MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2004. Disponível em: < [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/007V1N1P48\\_58\\_JUL2004.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/007V1N1P48_58_JUL2004.pdf) > Acesso em: 9/11/2018.

MEROTTO JUNIOR, A.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L. D.; HAVERROTH, H. S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 141-151, 1997.

MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. D.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Ondina, v. 14, n. 4, 2013.

NEUMANN, M. Parâmetros para análise de qualidade da silagem. 2011. In: MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 173-192, 2012.

NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; COELHO, M. G.; FIGUEIRA, D. N.; SPADA, C. A.; PERUSSOLO, L. F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v. 66, n. 253, 2017.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; RESTLE, J.; SANDINI, I. E.; ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 847-854, 2007.

NEUMANN, M.; POCZYNEK, M.; LEÃO, G. F. M.; FIGUEIRA, D. N.; SOUZA, A. M. Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 49-62, 2018.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. **Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá, p. 127-145, 2001.

OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S. Avaliação de cultivares de milho para silagem: resultados do ano agrícola 2003/2004. **Circular Técnica 82 - Embrapa Gado de Leite**. Juiz de Fora, v.1, n.1. 14 p, 2005.

OLIVEIRA, P. C. S.; ARCANJO, A. H. M.; MOREIRA, L. C.; JAYME, C. G.; NOGUEIRA, M. A. R.; LIMA, F. A. S.; PENA, H. C.; CAMILO, M. G. Qualidade na produção de silagem de milho. **PUBVET**, Londrina, v. 8, n. 4, p. 340-443, 2014.

OTEGUI, M. E. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: II. Plant population effects. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 2, p. 448-455, 1997.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. W. H. O.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94

PAZIANI, S. D. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PEREIRA, B. M. **Avaliação da qualidade da silagem de híbridos de milho (*Zea mays* L.) cultivados no Distrito Federal**. 2013. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

PINTER, L.; ALFOLDI, Z.; BURUCS, Z.; PALDI, E. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 5, p. 799-804, 1994.

PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C. J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1078, 2010.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 522 p.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L.; PASCOAL, L. L.; SILVA, J. D.; PELLEGRINI, L. D.; SOUZA, A. D. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1235-1244, 2002.

ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.302-312, 2004.

ROSSI, E. S. **Características bromatológicas e digestibilidade de híbridos de milho com diferentes texturas de grãos**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHIT, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 11, n. 1, 2005.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.

SANGOI, L. ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Base morfológica para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; PICOLI JR, G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 254-265, 2010.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L.; SALVADOR, R. J. Dry matter production and partitioning of maize hybrids and dwarf lines at four plant populations. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 1-6, 1997.

SANGOI, L.; SALVADOR, R. J. Agronomic performance of male-sterile and fertile maize genotypes at two plant populations. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 377-388, 1996

SANTOS, F. A. P.; BATISTEL, F.; SOUZA, F. B. J. Processamento aumenta aproveitamento do milho e eficiência das rações animais. **Visão Agrícola: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 13, p. 153, 2015.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

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

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

SILVA, E. M. **Estimação de parâmetros genéticos e seleção para múltiplos caracteres em populações de seleção recorrente de milho**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SOUZA, A. R. R.; MIRANDA, G. V.; PEREIRA, M. G.; FERREIR, P. L. Correlação de caracteres de uma população crioula de milho para sistema tradicional de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 183-190, 2008.

STACCIARINI, T. D. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BORGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agrônômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

TAUBINGER, M. **Potencial de híbridos comerciais de milho para a extração de linhagens e síntese de cultivares de polinização aberta**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2012.

TAVARES, E. H. **Comparação de testadores na avaliação de famílias S2 de milho (*Zea mays* L.)**. 1997. 61 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

TENG, F.; ZHAI, L.; LIU, R.; BAI, W.; WANG, L.; HUO, D.; TAO, Y.; ZHENG, Y.; ZHANG, Z. *ZmGA3ox2*, a candidate gene for a major QTL, *qPH3.1*, for plant height in maize. **The Plant Journal**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 405-416, 2013.

TURCO, G. M. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2011.

UENO, R. K. **Avaliação bioeconômica da cultura do milho (*Zea mays* L.) utilizada sob diferentes formas na alimentação de novilhos em confinamento**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. **Forage analyses procedures**. Omaha: National Forage Testing Association, 1993. 135p.

VARGA, B.; SVECNIK, Z.; KNEZEVIC, M.; GRBESA, D. Performance of prolific and nonprolific maize hybrids under reduced-input and high-input cropping systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 90, p. 203-212, 2004.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202 p.

VIANA, F. M. S.; SILVEIRA, M. G.; PACHECO, C. A. P.; CRUZ, C. D.; CARVALHO, C. R. Hibridação em milho. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 401-426.

XIE, H. L.; JI, H. Q.; LIU, Z. H.; TIAN, G. W.; WANG, C. L.; HU, Y. M.; TANG, J. H. Genetic basis of nutritional content of stover in maize under low nitrogen conditions. **Euphytica**, Zhengzhou, v. 165, n. 3, p. 485- 493, 2008.

XUE, J.; XIE, R.; ZHANG, W.; WANG, K.; HOU, P.; MING, B.; GOU, L.; LI, S. Research progress on reduced lodging of high-yield and density maize. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing, v. 16, n. 12, p. 2717-2725, 2017.

ZSUBORI, Z. T.; PINTÉR, J.; SPITKÓ, T.; HEGYI, Z.; MARTON, C. L. Yield and chemical composition of plant parts of silage maize (*Zea mays* L) hybrids and their interest for biogas production. **Maydica**, Amie, v.58, n.2, p.34-41, 2013.

## 4 ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS DE MILHO PARA SILAGEM

### RESUMO

A existência de correlação entre caracteres é relatada para diversas culturas, sendo essa informação essencial para direcionar a seleção de genótipos superiores pelos melhoristas. Nos programa de melhoramento de milho para silagem, além de caracteres agronômicos, deve-se avaliar caracteres bromatológicos relacionados à produção e a qualidade da silagem. Este estudo teve por objetivo estudar a inter-relação entre caracteres relacionados à produtividade e à qualidade da silagem de milho. Vinte e um híbridos comerciais de milho, recomendados para a região Centro-Oeste, foram avaliados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, na safra 2017/18. Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso com três repetições e parcelas de uma linha de 4,0 metros, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,90 m entre linhas. Os caracteres avaliados foram: florescimento masculino (FM); florescimento feminino (FF); intervalo de florescimento (IF); altura de planta (AP); altura da primeira espiga (AE); posição relativa da espiga (PRE); número de fileiras na espiga (NFE); número de grãos por fileira (NGF); diâmetro de espiga (DE); diâmetro de sabugo (DS); comprimento de grão (CG); comprimento de espiga (CE); peso de espigas (PE); peso de cem grãos (PG); acidez (pH); teor de matéria seca (MS); matéria mineral (MM); matéria orgânica (MO); proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); nutrientes digestíveis totais (NDT); produtividade matéria verde (PMV) e produtividade de matéria seca (PMS). Foram estimadas as correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres dois a dois, e os efeitos diretos e indiretos desses caracteres na produtividade de matéria seca e no teor de nutrientes digestíveis totais. Posteriormente, realizou-se uma análise de correlação canônica entre o grupo de caracteres relacionados à produtividade e o grupo de caracteres relacionados à qualidade da silagem. Foi identificada forte relação entre os componentes de espiga e a produtividade de biomassa, sendo que plantas com maiores produtividades de grãos podem ser utilizadas na seleção indireta para produtividade de matéria seca. Os teores de fibra possuem grande impacto na qualidade da silagem, estando correlacionados negativamente com sua digestibilidade. Também possuem relação positiva com a altura das plantas, sendo de interessante que os programas de melhoramento invistam na redução simultânea dessas características. O conhecimento dos efeitos indiretos dos caracteres entre si é importante para que o melhorista não tome decisões precipitadas apenas com base na estimativa de correlação. Por fim, é possível fazer melhoramento de milho para aumentar simultaneamente a produtividade e a qualidade da silagem.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L., análise de trilha, correlação canônica.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A silagem é o produto resultante do processo de fermentação anaeróbica do material vegetal e visa manter as propriedades nutricionais da planta que lhe deu origem, reduzindo as chances de degradação (D'Oliveira & Oliveira, 2014). O milho é a gramínea mais utilizada na produção de silagem em virtude da facilidade de cultivo, alta produção de massa, facilidade de fermentação dentro do silo, bom valor energético e alto consumo pelos animais (Hülse, 2014; Oliveira & Sobrinho, 2005). Silagens de milho com alto valor nutritivo potencializam o desempenho de produção, tanto de carne como de leite, em ruminantes (Chaves, 2009; Oliveira et al., 2014).

Durante a condução dos programas de melhoramento são avaliados e considerados diversos caracteres para a seleção dos genótipos. No melhoramento de milho voltado para silagem, o número de caracteres é ainda maior, pois além das variáveis agronômicas comumente avaliadas, se faz necessário a avaliação dos caracteres bromatológicos, visando obter informação quanto a qualidade nutricional da silagem. O entendimento da associação entre esses caracteres também se faz importante para a escolha do procedimento de seleção mais apropriado, buscando maximizar o ganho genético por geração (Santos & Vencovsky, 1986; Cruz et al., 2004).

A associação entre os caracteres geralmente é avaliada através das estimativas das correlações, que pode ser tanto de ordem genética quanto fenotípica. Por meio dessas estimativas, é possível conhecer a intensidade e a direção da associação entre dois caracteres, ou seja, o quanto a alteração de um caráter pode afetar outro (Oliveira et al., 2010). Entretanto, somente essa informação pode não ser suficiente para esclarecer a relação entre os caracteres de interesse, já que não considera a influência de outros caracteres na associação, ficando difícil definir os efeitos diretos e indiretos de cada caráter (Cruz et al., 2004).

Para resolver esse problema, Wright (1921) propôs a metodologia de análise de trilha, que desdobra as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre uma variável principal, estimados a partir de regressão múltipla estandarizada (Cruz et al., 2004). Com isso, é possível quantificar as contribuições relativas de cada caráter sobre uma variável resposta de interesse, assumindo uma rede de inter-relações de variáveis (Lynch & Walsh, 1998). Por meio dessa análise, a interpretação de correlações complexas entre caracteres pode ser facilitada, auxiliando os programas de melhoramento na

interpretação das magnitudes dos ganhos da seleção direta e indireta (Oliveira et al., 2010; Cabral et al., 2016).

Outra abordagem para estudar a associação entre caracteres é a análise de correlação canônica, que tem como objetivo principal a identificação e quantificação das relações lineares existentes entre dois conjuntos de caracteres (Johnson & Wichern, 2002). A informação de cada conjunto é resumida em combinações lineares (pares canônicos) que forneçam correlação máxima entre os grupos. Nesse caso, não há distinção entre variável independente e dependente, apenas dois conjuntos de caracteres entre os quais se busca a máxima correlação (Sartorio, 2008).

O uso de correlações canônicas, simultaneamente à análise de trilha, é interessante para programas de melhoramento voltados a produção de silagem, visto que tanto os caracteres agrônômicos quanto bromatológicos são importantes para obtenção de híbridos superiores. O uso destas ferramentas pode auxiliar o melhorista na seleção dos genótipos, resultando no sucesso do programa de melhoramento.

Assim, com este estudo objetiva-se estudar a inter-relação entre caracteres agrônômicos e bromatológicos em milho para subsidiar o processo de seleção no programa de melhoramento de milho para silagem.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Material genético

Foram avaliados vinte e um híbridos comerciais de milho recomendados para silagem e frequentemente cultivados na região Centro-Oeste (Anexo A). Os híbridos avaliados são provenientes de diferentes empresas e, por isso, espera-se que tenham diferentes origens e apresentem variabilidade genética para os caracteres de interesse.

### 4.2.2 Condução do experimento

O experimento foi conduzido na primeira safra de 2017/2018 na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia-GO (16°35'12''S, 49°21'14''O; altitude 730 m). O delineamento experimental foi em blocos

casualizados com três repetições, parcelas constituídas por uma linha de 4,0 m espaçadas 0,90 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, totalizando vinte plantas por parcela. O estande foi de aproximadamente 55.500 plantas.ha<sup>-1</sup>.

A adubação de plantio foi feita com 300 kg.ha<sup>-1</sup> de N-P-K, formulação 5-25-15, e a adubação de cobertura, com 90 kg de N.ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia, aos trinta dias após germinação. Plantas daninhas, pragas e doenças foram manejadas com aplicação de herbicidas seletivos, inseticidas e fungicidas indicados para cultura do milho, de acordo com a época de ocorrência e o nível de dano econômico apresentado.

### **4.2.3 Colheita e ensilagem**

A colheita das parcelas foi realizada em dois momentos, o primeiro direcionado a ensilagem e o segundo para produção de grãos. Aos 99 dias após o plantio efetuou-se a primeira colheita, momento em que as plantas amostradas apresentavam teor de matéria seca próximo a 33%. Foram colhidas sete plantas de cada parcela, com corte manual, a 0,20 m do solo. Assim que colhidas, as plantas foram pesadas para a determinação da produção de matéria verde. Em seguida, as plantas foram picadas com máquina forrageira estacionária, com tamanho médio de partículas de 2 cm. O material picado de cada parcela foi homogeneizado e parte foi ensilado em silos experimentais de PVC (poly vinyl choride), com 10 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento. A compactação da silagem foi realizada manualmente com um bastão de madeira. As tampas de cada silo foram acopladas com válvula tipo *Bunsen* permitindo o escape de gases. O restante do material picado foi conduzido ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Escola de Veterinária e Zootecnia da UFG, para realizar as análises bromatológicas.

Após 120 dias do processo de ensilagem, os silos foram abertos, as extremidades de todos os recipientes foram descartadas e a porção central foi homogeneizada. Uma pequena amostra foi separada para aferição imediata do pH. Outra amostra, com aproximadamente 0,5 kg, foi levada para secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, ou até obtenção de peso constante, para a determinação da amostra seca ao ar. Posteriormente, cada amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 18 *mesh* e acondicionada em saquinhos plásticos para a realização das análises bromatológicas.

A segunda colheita, destinada à produção de grãos, foi realizada quando o restante da parcela atingiu maturidade fisiológica dos grãos, aos 126 dias após o plantio. Todas as espigas foram colhidas e encaminhadas para coleta dos dados de produtividade.

## **4.2.4 Caracteres avaliados**

### **4.2.4.1 Caracteres agronômicos**

- a) Florescimento masculino (FM): número de dias da semeadura até que 50% das plantas da parcela apresentassem anteras liberando pólen;
- b) Florescimento feminino (FF): número de dias da semeadura até que 50% das plantas da parcela apresentassem emissão do estilo-estigma;
- c) Intervalo de florescimento (IF): diferença, em dias, entre o florescimento feminino e o florescimento masculino;
- d) Altura de plantas (AP): altura média, em cm, de cinco plantas aleatórias da parcela medidas após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da última folha superior (folha bandeira);
- e) Altura de espigas (AE): média da altura da inserção da primeira espiga, em cm, de cinco plantas aleatórias da parcela, medidas após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da espiga superior no colmo;
- f) Posição relativa da espiga (PRE): razão entre altura de espiga e altura da planta;
- g) Comprimento de espiga (CE): média do comprimento, em cm, de quatro espigas sem palha tomadas aleatoriamente de cada parcela;
- h) Diâmetro de espiga (DE): média do diâmetro, em cm, de quatro espigas aleatórias da parcela;
- i) Número de fileiras de grãos na espiga (NFG): média do número de fileiras de grãos de quatro espigas aleatórias da parcela;
- j) Número de grãos por fileira (NGF): média do número de grãos de uma fileira em quatro espigas aleatórias da parcela;
- k) Peso de espigas (PE): peso de quatro espigas aleatórias da parcela, despalhadas após a segunda colheita, medido em gramas e corrigido para 13% de umidade;

- l) Peso de grãos (PG): peso de uma amostra de cem grãos oriundos da debulha e homogeneização das espigas da parcela, medido em gramas e corrigidos para 13% de umidade;
- m) Umidade de grãos (UG): em porcentagem, determinada com o auxílio de medidores de umidade, nas amostras de grãos das parcelas;
- n) Diâmetro de sabugo (DS): média do diâmetro dos sabugos de quatro espigas tomadas aleatoriamente da parcela, medidos na porção central, em cm.
- o) Comprimento de grãos (CG): diferença das médias de diâmetro de espiga e diâmetro de sabugo dividido por dois, em cm.
- p) Teor de matéria seca (MS): determinada pela pré-secagem da amostra do material picado após a primeira colheita, utilizando estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante, medida em %;
- q) Produtividade de matéria verde (PMV): obtida pelo peso de sete plantas por parcela no momento da primeira colheita, convertida para o total de plantas por hectare, medida  $\text{g.planta}^{-1}$ ;
- r) Produtividade de matéria seca (PMS): peso da produtividade de matéria verde multiplicado pela porcentagem de MS, medida em  $\text{g.planta}^{-1}$ .

#### 4.2.4.2 Caracteres bromatológicos

Após os 120 dias de fermentação e abertura dos silos, foram realizadas as análises de:

- a) Acidez (pH): feita a diluição de 10 g de silagem fresca em 100 ml de água destilada. A leitura do pH ocorreu após 60 minutos, como proposto por Cherney & Cherney (2003), fazendo uso de pH-metro de bancada;
- b) Teor de matéria mineral (MM): incineração de 2 g da matéria seca da amostra, feita em duplicata, até o ponto de cinzas, utilizando mufla com aumento crescente da temperatura até atingir 600°C, conforme Silva & Queiroz (2002), medida em %;
- c) Teor de matéria orgânica (MO): valor obtido para matéria mineral subtraído de 100, medida em %;
- d) Proteína bruta (PB): obtida a partir da digestão, destilação e titulação de 0,3 g de amostra, feita em duplicata, e posterior aplicação na fórmula, como proposto por Kjeldahl (1883), medida em %;

- e) Fibra em detergente neutro (FDN): recuperação do resíduo fibroso de 0,2 g de amostra, feita em duplicata, emergida em solução de detergente neutro e colocada em autoclave a 105°C por 60 minutos, como proposto por Van Soest & Robertson (1985), medida em %;
- f) Fibra em detergente ácido (FDA): recuperação do resíduo fibroso de 0,2 g de amostra, feita em duplicata, emergida em solução de detergente ácido e colocada em autoclave a 105°C por 60 minutos, como proposto por Van Soest & Robertson (1985), medida em %;
- g) Nutrientes digestíveis totais (NDT): obtidos a partir da equação  $NDT = 87,84 - (0,70 \times FDA)$ , sugerida por Undersander et al. (1993), medida em %.

#### 4.2.5 Análises estatísticas

Foi realizada análise de variância para cada caráter considerando o modelo estatístico de delineamento em blocos ao acaso:

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

Em que:

$y_{ij}$ : valor observado para o híbrido  $i$  no bloco  $j$ ;

$m$ : constante do experimento;

$t_i$ : efeito fixo do híbrido  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 21$ );

$b_j$ : efeito aleatório do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ );

$e_{ij}$ : resíduo associado à parcela que recebeu o híbrido  $i$  no bloco  $j$ , sendo  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Os quadrados médios da análise de variância foram igualados às suas respectivas variâncias para estimativa dos componentes de variâncias. A partir dos componentes de variância genética e fenotípica, as correlações entre os caracteres dois a dois foram obtidas conforme Ramalho et al. (2012), sendo:

$$r_{G(XY)} = \frac{\widehat{COV}_{G(XY)}}{\hat{\sigma}_{G_X} \cdot \hat{\sigma}_{G_Y}} \quad r_{F(XY)} = \frac{\widehat{COV}_{F(XY)}}{\hat{\sigma}_{F_X} \cdot \hat{\sigma}_{F_Y}}$$

em que  $r_{G(XY)}$  e  $r_{F(XY)}$  são os coeficientes de correlação genética e fenotípica entre os caracteres  $X$  e  $Y$ ;  $\widehat{COV}_{G(XY)}$  e  $\widehat{COV}_{F(XY)}$  são as covariâncias genética e fenotípica entre os

caracteres X e Y;  $\hat{\sigma}_{G_X}$  e  $\hat{\sigma}_{F_X}$  são os desvios-padrões genético e fenotípico do caráter X; e  $\hat{\sigma}_{G_Y}$  e  $\hat{\sigma}_F$  são os desvios-padrões genético e fenotípico do caráter Y.

A significância dos coeficientes de correlação genética foi avaliada pelo teste de bootstrap (n = 5.000).

A partir das estimativas de correlação genética, deu-se início ao desdobramento das associações em efeitos diretos e indiretos. Como o objetivo é verificar quais caracteres afetam a produtividade e a qualidade da silagem, os caracteres foram separados em dois grupos distintos, em que o primeiro grupo compreendeu os componentes de produção, e o segundo grupo compreendeu os caracteres relacionados à qualidade nutricional da silagem.

Cada grupo originou uma matriz de correlação genotípica, que foi testada quanto ao grau de multicolinearidade, através do método proposto por Montgomery e Peck (1981), que tem por base o número de condição da matriz (NC). Esse número de condição é a razão do maior pelo menor autovalor da matriz, sendo adequados valores inferiores a 100 (Carvalho & Cruz, 1996).

Em seguida, cada grupo foi submetido a análise de trilha com uma cadeia, originando duas análises distintas, uma identificando os efeitos diretos e indiretos das variáveis relacionadas a produção, e outra identificando esses efeitos para qualidade nutricional da silagem (Cruz et al., 2004).

A fim de estudar a relação entre esses dois grupos de caracteres, procedeu-se uma análise de correlação canônica. Inicialmente, foram construídas duas matrizes com os coeficientes de correlação fenotípica, uma com os caracteres relacionados a produção e outra para qualidade nutricional da silagem. Realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade dentro de cada grupo de caracteres e retirou-se as variáveis que garantem elevada correlação com outros caracteres, até que ambas matrizes atingissem o pressuposto, sem a adição de uma constante.

Posteriormente, foi realizada análise de correlação canônica para verificar as associações existentes entre os grupos de caracteres conforme descrito por Montgomery & Peck (1982). Todas as análises foram efetuadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3.1 Correlações genéticas e fenotípicas

Do total de 276 possíveis combinações entre os caracteres dois a dois, 65 pares apresentaram correlações genéticas significativas (Tabela 4.1). As estimativas de correlação significativas positivas variaram de  $r_G = 0,45$  (entre AP e PE) a  $r_G = 1,00$  (entre MS e MO; FDA e AP; NDT e MS; e entre FDN com AP, AE, MM, PB e PMV). Para as correlações negativas, as estimativas variaram de  $r_G = -0,65$  (entre DS e IF) a  $r_G = -1,00$  (entre MM com MS e MO; PMV com MS; MS com FDN, FDA e MO; NDT com AP e FDA), abrangendo correlações com intensidade de moderada a alta e em diferentes sentidos. A correlação genética entre caracteres pode ocorrer devido ao pleiotropismo e/ou à ligação genética entre os genes que controlam os dois caracteres (Ramalho et al., 2012b; Vencovsky, 1987). Para o melhoramento, a ocorrência de correlação genética é extremamente importante, pois pode ser herdada e interfere no direcionamento da seleção indireta entre caracteres (Silva et al., 2016).

A ocorrência de correlação positiva entre florescimento e os caracteres PB, MM e MO, indica que os híbridos com maior ciclo apresentaram maior teor de proteína e de minerais e, conseqüentemente, menor matéria orgânica (Tabela 4.1). Esse fato era esperado, pois híbridos mais tardios tem mais tempo para sintetizar essas substâncias antes que os fotoassimilados sejam destinados aos órgãos reprodutores. A falta de correlação significativa entre florescimento e as variáveis de produção não era esperada, já que a maioria dos trabalhos citam correlação significativa entre esses caracteres (Crispim Filho, 2018; Silva, 2018; Bello et al., 2010; Kinfe & Tsehaye, 2015).

Plantas mais altas tendem a possuir espigas mais altas; menor teor de matéria seca; maior produção, tanto para grãos quanto para silagem; maior quantidade de fibras e, conseqüentemente, menores taxas de digestibilidade e energia. A redução da porcentagem de matéria seca e maior teor de fibra pode ser explicada pela maior proporção de colmo na composição da silagem, visto que esse órgão é o componente com maior teor de umidade e fibra da planta, resultando em silagens mais úmidas (com menor matéria seca) e com maiores quantidades de fibra digestível (FDN) e indigestível (FDA) (Silva et al., 2003; Neumann et al., 2007; Mendes et al., 2008; Paziani et al., 2009).

**Tabela 4.1.** Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre caracteres agronômicos e bromatológicos avaliados em híbridos de milho

Caráter	FM	FF	IF	AP	AE	PRE	NFE	NGF	DE	DS	CG	CE
FM	-	0,72 <sup>++</sup>	0,54 <sup>+</sup>	-0,37	0,13	0,54 <sup>+</sup>	0,35	-0,01	0,27	-0,05	0,34	0,45
FF	0,68 <sup>**</sup>	-	0,21	0,05	0,64 <sup>++</sup>	0,82 <sup>++</sup>	-0,09	0,27	0,19	0,24	0,08	0,21
IF	0,43 <sup>*</sup>	0,19	-	-0,43	-0,09	0,23	0,36	-0,07	-0,29	-0,65 <sup>+</sup>	0,04	-0,03
AP	-0,26	0,05	-0,30	-	0,65 <sup>+</sup>	-0,09	-0,22	0,68 <sup>+</sup>	0,44	0,43	0,26	0,39
AE	0,12	0,46 <sup>*</sup>	-0,03	0,65 <sup>**</sup>	-	0,70 <sup>+</sup>	0,14	0,51 <sup>+</sup>	0,28	0,28	0,16	0,27
PRE	0,39	0,57 <sup>*</sup>	0,19	-0,07	0,71 <sup>**</sup>	-	0,39	0,00	-0,03	0,03	-0,06	-0,04
NFE	0,31	-0,06	0,22	-0,18	0,11	0,32	-	0,04	0,28	0,09	0,28	0,55 <sup>+</sup>
NGF	-0,01	0,20	-0,03	0,44 <sup>*</sup>	0,36	0,05	0,01	-	0,39	-0,07	0,49	0,34
DE	0,22	0,18	-0,19	0,31	0,23	0,02	0,30	0,40 <sup>*</sup>	-	0,52 <sup>+</sup>	0,86 <sup>++</sup>	0,55 <sup>+</sup>
DS	-0,06	0,16	-0,37 <sup>*</sup>	0,33	0,21	0,02	0,07	0,00	0,45	-	0,03	0,04
CG	0,29	0,10	0,00	0,16	0,13	0,01	0,29	0,44 <sup>*</sup>	0,86	-0,08	-	0,62 <sup>+</sup>
CE	0,34	0,15	0,01	0,24	0,21	0,05	0,44 <sup>*</sup>	0,49 <sup>**</sup>	0,55	0,10	0,56 <sup>**</sup>	-
PE	0,21	0,18	-0,10	0,31	0,24	0,03	0,29	0,65 <sup>**</sup>	0,88	0,22	0,85 <sup>**</sup>	0,76 <sup>**</sup>
PG	0,26	0,17	-0,21	0,26	0,10	-0,10	-0,17	0,06	0,56	0,18	0,51 <sup>**</sup>	0,51 <sup>*</sup>
PH	-0,17	-0,16	-0,18	-0,03	-0,06	-0,07	0,06	-0,02	-0,24	-0,14	-0,18	-0,19
MS	-0,33	-0,26	0,01	-0,40 <sup>*</sup>	-0,35	-0,11	-0,02	-0,15	-0,23	-0,08	-0,21	-0,27
MM	0,41 <sup>*</sup>	0,48 <sup>*</sup>	0,02	0,20	0,14	0,04	-0,02	0,08	0,23	0,23	0,12	0,18
MO	-0,42 <sup>*</sup>	-0,51 <sup>*</sup>	-0,02	-0,19	-0,14	-0,05	0,02	-0,09	-0,22	-0,25	-0,10	-0,20
PB	0,33	0,06	0,12	0,12	-0,17	-0,34	0,09	0,21	-0,09	-0,08	-0,05	0,20
FDN	0,27	0,12	0,06	0,54 <sup>**</sup>	0,45 <sup>*</sup>	0,10	0,05	0,45 <sup>*</sup>	0,29	0,12	0,25	0,36 <sup>*</sup>
FDA	0,18	0,07	0,08	0,35	0,44 <sup>*</sup>	0,25	0,13	0,44 <sup>*</sup>	0,31	0,10	0,29	0,36
NDT	0,14	0,30	-0,16	0,67 <sup>**</sup>	0,44 <sup>*</sup>	-0,02	-0,15	0,12	0,21	0,26	0,08	0,08
PMV	0,07	0,24	-0,17	0,66 <sup>**</sup>	0,42 <sup>*</sup>	-0,04	-0,25	0,04	0,18	0,19	0,09	0,02
PMS	-0,07	-0,24	0,17	-0,66 <sup>**</sup>	-0,42 <sup>*</sup>	0,04	0,25	-0,04	-0,18	-0,19	-0,09	-0,03

FM: florescimento masculino; FF: florescimento feminino; IF: intervalo de florescimento; AP: altura de plantas; AE: altura de espigas; PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas; DS: diâmetro de sabugos; CG: comprimento de grãos; CE: comprimento de espigas; PE: peso de espigas; PG: peso de 100 grãos; PH: acidez; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais; PMV: produção de matéria verde; PMS: produção de matéria seca.

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>: significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

<sup>++</sup>, <sup>+</sup>: significativo a 1 e 5%, respectivamente, por teste de bootstrap (n = 5.000).

**Tabela 4.1.** Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre caracteres agronômicos e bromatológicos avaliados em híbridos de milho (continuação...)

Caráter	PE	PG	PH	MS	MM	MO	PB	FDN	FDA	NDT	PMV	PMS
FM	0,28	0,29	-0,17	-0,52	0,64 <sup>+</sup>	-0,72 <sup>+</sup>	0,56 <sup>+</sup>	0,35	0,14	-0,14	0,32	0,28
FF	0,25	0,17	-0,22	-0,41	0,75 <sup>+</sup>	-0,86 <sup>+</sup>	0,04	0,73	0,47	-0,47	0,24	0,27
IF	-0,14	-0,27	-0,37	0,02	0,10	-0,09	0,37	-0,43	-0,38	0,38	0,09	0,07
AP	0,45 <sup>+</sup>	0,31	-0,06	-0,88 <sup>+</sup>	0,40	-0,44	0,16	1,0 <sup>++</sup>	1,0 <sup>++</sup>	-1,0 <sup>++</sup>	0,76 <sup>++</sup>	0,57 <sup>+</sup>
AE	0,30	0,11	-0,17	-0,81 <sup>+</sup>	0,26	-0,30	-0,20	1,0 <sup>+</sup>	0,99 <sup>+</sup>	-0,99 <sup>+</sup>	0,58 <sup>+</sup>	0,59 <sup>+</sup>
PRE	-0,04	-0,13	-0,21	-0,28	0,03	-0,05	-0,43	0,06	-0,02	0,02	0,06	0,23
NFE	0,33	-0,18	0,02	-0,06	-0,09	0,11	0,12	-0,40	-0,50	0,50	0,09	0,19
NGF	0,67 <sup>++</sup>	-0,11	-0,05	-0,24	0,34	-0,46	0,50	0,26	0,06	-0,06	0,54	0,70 <sup>+</sup>
DE	0,91 <sup>++</sup>	0,61 <sup>+</sup>	-0,42	-0,30	0,32	-0,34	-0,13	0,42	0,29	-0,29	0,38	0,51
DS	0,23	0,26	-0,24	-0,18	0,49	-0,58	-0,19	0,57	0,29	-0,29	0,12	0,06
CG	0,93 <sup>++</sup>	0,56 <sup>+</sup>	-0,35	-0,24	0,09	-0,06	-0,05	0,16	0,17	-0,17	0,37	0,56
CE	0,76 <sup>++</sup>	0,52	-0,32	-0,43	0,45	-0,59	0,50	0,15	0,03	-0,03	0,39	0,50
PE	-	0,50 <sup>+</sup>	-0,40	-0,39	0,47	-0,54	0,06	0,19	0,05	-0,05	0,50 <sup>+</sup>	0,71 <sup>+</sup>
PG	0,48 <sup>*</sup>	-	-0,68 <sup>+</sup>	-0,79 <sup>+</sup>	0,54	-0,61	-0,16	0,78	0,69	-0,69	0,57 <sup>+</sup>	0,62 <sup>+</sup>
PH	-0,25	-0,41 <sup>*</sup>	-	0,62	-0,49	0,53	0,50	0,06	0,20	-0,20	-0,44	-0,35
MS	-0,25	-0,38 <sup>*</sup>	0,52 <sup>**</sup>	-	-1,0 <sup>++</sup>	1,0 <sup>++</sup>	-0,79	-1,0 <sup>++</sup>	-1,0 <sup>++</sup>	1,0 <sup>++</sup>	-1,0 <sup>++</sup>	-0,84 <sup>+</sup>
MM	0,26	0,27	-0,40 <sup>*</sup>	-0,62 <sup>**</sup>	-	-1,0 <sup>++</sup>	0,02	1,0 <sup>++</sup>	0,71	-0,71	0,70 <sup>+</sup>	0,25
MO	-0,26	-0,27	0,40 <sup>*</sup>	0,63 <sup>**</sup>	-1,0 <sup>**</sup>	-	-0,03	-1,0 <sup>++</sup>	-0,76	0,76	-0,82 <sup>+</sup>	-0,32
PB	-0,01	-0,12	0,38 <sup>*</sup>	-0,23	0,09	-0,12	-	1,0 <sup>++</sup>	0,72	-0,73	0,58	0,22
FDN	0,41 <sup>*</sup>	0,40 <sup>*</sup>	-0,38	-0,65 <sup>**</sup>	0,34	-0,33	0,27	-	0,95 <sup>+</sup>	-0,95 <sup>+</sup>	1,0 <sup>++</sup>	0,85 <sup>+</sup>
FDA	0,45 <sup>*</sup>	0,34	-0,18	-0,14	-0,03	0,04	0,03	0,80 <sup>**</sup>	-	-1,0 <sup>++</sup>	0,96 <sup>++</sup>	0,47
NDT	0,13	0,27	-0,07	-0,73 <sup>**</sup>	0,51 <sup>**</sup>	-0,51 <sup>**</sup>	0,28	0,46 <sup>*</sup>	0,03	-	-0,96 <sup>++</sup>	-0,47
PMV	0,08	0,31	-0,03	-0,67 <sup>**</sup>	0,40 <sup>*</sup>	-0,40 <sup>*</sup>	0,21	0,37 <sup>*</sup>	-0,03	0,97 <sup>**</sup>	-	0,91 <sup>++</sup>
PMS	-0,08	-0,31	0,03	0,67 <sup>**</sup>	-0,40 <sup>*</sup>	0,40 <sup>*</sup>	-0,21	-0,37 <sup>*</sup>	0,03	-0,97 <sup>**</sup>	-1,0 <sup>**</sup>	-

FM: florescimento masculino; FF: florescimento feminino; IF: intervalo de florescimento; AP: altura de plantas; AE: altura de espigas; PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas; DS: diâmetro de sabugos; CG: comprimento de grãos; CE: comprimento de espigas; PE: peso de espigas; PG: peso de 100 grãos; PH: acidez; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais; PMV: produção de matéria verde; PMS: produção de matéria seca.

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>: significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

<sup>++</sup>, <sup>+</sup>: significativo a 1 e 5%, respectivamente, por teste de bootstrap (n = 5.000).

Plantas mais altas, geralmente, apresentam maior produção de matéria verde. Apresentam, também, maior interceptação de luz, aumentando a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados. Ao entrar no período reprodutivo, o crescimento da planta cessa e os fotoassimilados produzidos são destinados aos órgãos reprodutores, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento (Demétrio et al., 2008; Marchão et al., 2006; Dourado Neto et al., 2003).

Foi observada correlação genética significativa e positiva entre os componentes de espiga (Tabela 4.1). Essas associações indicam que o aumento das dimensões da espiga resulta em elevação do seu peso. O mesmo ocorre para a variável peso de grãos, em que espigas com dimensões maiores tendem a produzir grãos com maior massa. Com o aumento do diâmetro da espiga, há também aumento do diâmetro do sabugo e do comprimento de grãos. Contudo, a proporção de aumento do sabugo é inferior à do comprimento do grão, sendo favorável para o melhoramento. Paralelo ao aumento do diâmetro da espiga, há aumento do comprimento da espiga, ambos de grande interesse, tanto para produção de grãos quanto para silagem. Resultados similares foram observados nos trabalhos de Entringer et al. (2014), Lopes et al. (2007) e Nardino et al. (2016), concluindo que o aumento dos componentes de espiga resulta em maior peso dos grãos e de espigas.

O aumento da produção de grãos resultou, também, em aumento da produção de silagem, tanto na produtividade de matéria verde quanto na produtividade de matéria seca (Tabela 4.1). Esse aumento era esperado, visto que a participação de grãos no material ensilado é de aproximadamente 45%. Assim, com o aumento das dimensões da espiga, há aumento do peso e, conseqüentemente, da produtividade de grãos e da massa ensilada (Restle et al., 2002). Maior proporção de espiga aumenta a concentração energética da silagem, melhorando sua qualidade (Rosa et al., 2004). Entretanto a proporção de palha e sabugo deve ser reduzida, pois pode diminuir a qualidade da silagem (Almeida Filho et al., 1999; Mendes et al. (2008), Fonseca (2000); Villela (2001).

O teor de matéria seca está associado negativamente a altura de planta e espiga, peso de grãos, matéria mineral, proteína bruta, quantidade de fibras e produtividade da silagem (Tabela 4.1). Esse caráter está associado ao genótipo, em que híbridos mais tardios atingem o teor de matéria seca ideal para silagem mais tardiamente. Assim, plantas mais altas e com maiores teores de fibra demandam maior tempo para atingirem o ponto de corte da silagem.

Em relação ao teor de fibras totais (FDN), o seu aumento está associado a elevação do teor de matéria mineral, proteína bruta, FDA, produtividade de matéria verde e produtividade de matéria seca. Foi observado que plantas mais altas possuem maior teor de fibra, entretanto, outros componentes estruturais da planta tendem a aumentar simultaneamente, como, por exemplo, teor de matéria mineral e proteína bruta, justificando a associação entre esses caracteres.

O aumento da proporção de fibras resultou, ainda, em menor teor de matéria seca, matéria orgânica e nutrientes digestíveis totais. A fibra é componente base da parede celular e tem grande importância estrutural. Entretanto, altos teores de fibra interferem negativamente na qualidade da silagem, pois possuem alta fração indigestível ao animal, que corresponde à fibra em detergente ácido (FDA), constituída por lignina e celulose. Como a FDA corresponde a uma parte da FDN, a associação entre essas variáveis era esperada, assim como a correlação negativa do teor de fibra com nutrientes digestíveis totais (NDT). Com a redução da fração fibrosa, automaticamente há o aumento do NDT, que garante maior digestibilidade e energia no alimento (Penati, 1995).

A associação entre a quantidade de fibras e a produtividade de silagem pode ser explicada pela maior altura das plantas, tendo por base que não há correlação significativa com produção de grãos. Dessa forma, o aumento das plantas resulta em aumento da produtividade e da fração do colmo, como já comentado. O colmo possui composição rica em fibras, ou seja, maior proporção de FDN e FDA (Lupatini et al., 2010). A seleção de plantas com menor porte, então, é interessante, pois contribui para a redução do teor de fibras e aumento da energia e digestibilidade, favorecendo a qualidade da silagem produzida.

Foi observada forte correlação entre a produtividade de matéria verde e produtividade de matéria seca (Tabela 4.1), evidenciando que híbridos com maior massa *in natura* garantem maior produção de silagem ao final do processo, corroborando com Mendes et al. (2008) e Santos et al. (2010). Maior teor de matéria verde favorece o aumento de minerais e proteína e reduz os teores de matéria orgânica e energia (NDT) (Beleze et al., 2003).

Estimativas de correlação genética negativa foram observadas entre peso de grãos com pH e matéria seca, e entre número de grãos por fileira com produtividade de matéria seca (Tabela 4.1). Menores valores para pH são desejáveis, visto que silagens com maior acidez apresentam melhor qualidade e conservação. No momento do corte para silagem, os grãos encontram-se em transição do estágio leitoso para farináceo, com teor de

umidade mais elevado e menor teor de matéria seca. Por fim, a correlação entre produtividade de matéria seca e número de grãos na fileira corrobora com as demais correlações entre produção de grãos e produção de massa total.

Para as correlações fenotípicas, foram observadas estimativas significativas para 63 pares de combinações entre caracteres (Tabela 4.1). Desse total, 49 estimativas também foram significativas para correlação genética, indicando que, para as demais, houve contribuição apenas da variância ambiental (Vencovsky & Barriga, 1992). Na falta de correlação genética entre os caracteres, as associações fenotípicas podem auxiliar o melhorista na condução do programa de melhoramento, através do uso de seleção indireta. Entretanto, essas associações devem ser de alta magnitude, superiores à 0,50, para reduzir as chances de equívocos na seleção (Lopes et al., 2002).

Das 14 correlações significativas apenas para correlação fenotípica, somente três apresentaram coeficientes superiores a 0,50, sendo relevantes para o melhoramento. Essas correlações foram entre comprimento de grãos e comprimento de espiga ( $r_F = 0,56$ ), comprimento de espiga e peso de grãos ( $r_F = 0,51$ ) e pH com teor de matéria seca ( $r_F = 0,52$ ). As duas primeiras associações referem-se aos componentes de espiga e indicam que espigas maiores produzem grãos de maior dimensão e com maior peso. Esses resultados corroboram com os obtidos neste trabalho quanto a associação genética dos componentes de espiga, já discutidos anteriormente. A associação positiva entre pH e teor de matéria seca indica que quanto mais demorada for a colheita do milho, alcançando teores de matéria seca muito altos, maiores serão os índices de pH. Valores de pH superiores a 4,0 não são desejados, pois permitem a atividade de microrganismos prejudiciais ao processo de armazenamento, interferindo na qualidade da silagem (Ferrari Junior et al., 2005; Pahlow et al., 2003). Teores de matéria seca entre 30% e 35% são ideias para colheita, pois garantem condições adequadas para o processo de ensilagem.

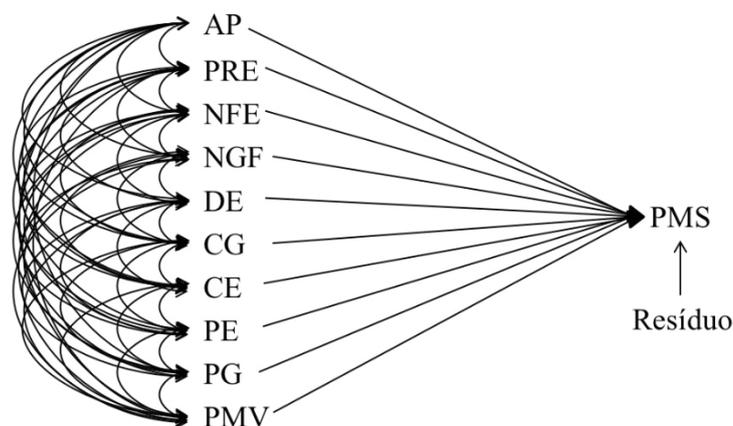
O conhecimento da associação entre caracteres agronômicos e bromatológicos fornece ao melhorista a chance de antecipação das consequências da seleção simultânea, podendo resultar em maior eficiência, bem como em ganho de tempo e economia de recursos financeiros e humanos (Falconer & Mackay, 1996). Um exemplo disso seria a seleção para redução do porte das plantas, que garante menores teores de fibra nos híbridos sem a necessidade de avaliação em laboratório, proporcionando economia de tempo e recursos.

### **4.3.2 Efeitos diretos e indiretos dos caracteres na produção e qualidade da silagem**

A fim de verificar os efeitos dos caracteres na produção e na qualidade da silagem, foram construídas duas matrizes de correlação genética; uma contendo os caracteres relacionados à produção, e outra contendo os caracteres relacionados à qualidade da silagem. Foi verificada a presença de multicolinearidade severa nas duas matrizes, que pode levar a erros consideráveis no modelo. Assim, os caracteres altamente relacionados entre si foram excluídos, pois eram os que mais contribuíam para a multicolinearidade. Após esse procedimento, a matriz dos caracteres relacionados à qualidade nutricional foi estabilizada. Contudo, ainda foi detectada presença de multicolinearidade moderada ( $100 < NC < 1000$ ) na matriz de produção. Para corrigir tal fato, manteve-se a eliminação dos caracteres e procedeu-se a análise de trilha com presença de colinearidade, descrita por Carvalho et al. (1999), que consiste na adição de uma constante  $k$  na diagonal da matriz, visando estabilizar o maior número de coeficientes possível.

A produtividade de matéria seca (PMS) foi considerada o caráter principal na matriz de caracteres relacionados à produção de matéria seca. Após a exclusão dos caracteres que contribuíam para a multicolinearidade dessa matriz, os coeficientes de correlação genética foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias altura de planta (AP), posição relativa da espiga (PRE), número de fileiras na espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), comprimento de grão (CG), peso de espiga (PE), produtividade de matéria verde (PMV) e da variável residual sobre a produtividade de matéria seca (caráter principal), conforme descrito por Wright (1921) para uma cadeia (Figura 4.1).

A constante ( $k$ ) adicionada na diagonal da matriz de correlações genéticas, para estabilizar os estimadores dos coeficientes de trilha, foi de 0,2775. O coeficiente de determinação obtido para a análise foi de 0,9610, sendo suficiente para explicar a variação obtida para produção de matéria seca. Os caracteres número de fileiras na espiga, número de grãos por fileira, peso de grãos e produtividade de matéria verde apresentaram efeitos diretos superiores à variável residual (0,1975) e, portanto, significativos sobre a produtividade de matéria seca (Souza, 2013) (Tabela 4.2). De acordo com Vencovsky e BARRIGA (1992), quando o coeficiente de correlação e o efeito direto forem iguais ou semelhantes, em magnitude e sinal, essa correlação direta explica a verdadeira associação entre as variáveis.



**Figura 4.1.** Diagrama causal de uma única cadeia com os efeitos diretos e inter-relações entre as variáveis explicativas (AP: altura de plantas; PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas; CG: comprimento de grãos; CE: comprimento de espigas; PE: peso de espigas; PG: peso de 100 grãos; PMV: produção de matéria verde) e da variável residual sobre a produtividade de matéria seca (PMS)

Dentre esses caracteres, apenas o número de fileiras na espiga não apresentou correlação genética significativa com produtividade de matéria seca (Tabela 4.1). Esse resultado pode ter ocorrido em função do efeito indireto negativo do peso de grãos na produtividade de matéria seca via número de fileiras de grãos (-0,100, Tabela 4.2). Espera-se quanto maior o número de fileiras de grãos na espiga, menores os grãos e, portanto, com menor peso. Veja que o efeito direto do número de fileiras de grãos sobre a produtividade de matéria seca (0,201) foi maior do que o efeito total (0,189), e o caráter que mais contribuiu para a diminuição do efeito total foi o peso de grãos, possivelmente dificultando a detecção da correlação entre número de fileiras na espiga e a produtividade.

O caráter altura de plantas, que havia mostrado correlação genética significativa com produtividade de matéria seca (Tabela 4.1), não apresentou efeito direto significativo sobre este caráter. Esse resultado indica que a altura de plantas interfere na produtividade em função da correlação dele com outros caracteres. Avaliando os efeitos indiretos, observa-se que os caracteres número de grãos por fileira e peso de grãos contribuíram expressivamente para o efeito total da altura de plantas sobre a produtividade de matéria seca, com estimativas de efeito indireto de 0,354 e 0,173, respectivamente (Tabela 4.2). O mesmo aconteceu com peso de espigas, que apresentou alta correlação significativa com a

**Tabela 4.2.** Desdobramento dos coeficientes de correlação genética em efeitos diretos e indiretos tendo como variável resposta a produtividade de matéria seca em híbridos comerciais de milho na densidade convencional de plantio.

<sup>1</sup> Caráter	Efeito direto					Efeito indireto						Total
	PMS	AP	PRE	NFE	NGF	DE	CG	CE	PE	PG	PMV	
AP	-0,039	-	-0.015	-0.044	0.354	-0.068	-0.022	-0.050	0.080	0.173	0.218	0,578
PRE	0,155	0,004	-	0.078	-0.002	0.005	0.005	0.005	-0.008	-0.072	0.016	0,229
NFE	0,201	0,008	0.060	-	0.019	-0.044	-0.023	-0.071	0.058	-0.100	0.025	0,189
NGF	0,518	-0,026	-0.001	0.008	-	-0.060	-0.041	-0.044	0.118	-0.062	0.154	0,707
DE	-0,154	-0,017	-0.005	0.057	0.202	-	-0.072	-0.070	0.161	0.340	0.108	0,506
CG	-0,083	-0,010	-0.009	0.056	0.255	-0.134	-	-0.079	0.164	0.312	0.106	0,556
CE	-0,127	-0,015	-0.006	0.112	0.178	-0.085	-0.051	-	0.135	0.291	0.110	0,505
PE	0,177	-0,018	-0.007	0.066	0.346	-0.141	-0.077	-0.097	-	0.277	0.144	0,719
PG	0,554	-0,012	-0.020	-0.036	-0.058	-0.095	-0.047	-0.067	0.088	-	0.164	0,624
PMV	0,285	-0,030	0.009	0.018	0.280	-0.059	-0.031	-0.049	0.089	0.319	-	0,910
Coeficiente de determinação: 0,9610			<sup>2</sup> k: 0,2775				Efeitos residuais: 0,1975					

<sup>1</sup>AP: altura de plantas; PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas; CG: comprimento de grãos; CE: comprimento de espigas; PE: peso de espigas; PG: peso de 100 grãos; PMV: produção de matéria verde; PMS: produção de matéria seca. <sup>2</sup>k: constante adicionada a diagonal da matriz de correlação genótipica. \*: significativo quando comparado a variável residual.

produtividade de matéria seca ( $r_G = 0,71$ , Tabela 4.1), mas não apresentou efeito direto significativo (0,177), sendo a correlação explicada pelos efeitos indiretos do número de grãos por fileira (0,346) e peso de grãos (0,277) via peso de espigas (Tabela 4.2).

O número de grãos por fileira e o peso de grãos também contribuíram com efeitos indiretos de alta magnitude através dos caracteres diâmetro de espiga (0,202 e 0,340), comprimento do grão (0,255 e 0,312) e comprimento de espigas (0,178 e 0,291) (Tabela 4.2). Quando o coeficiente de trilha (efeito direto) de um caráter explicativo é menor que o efeito da variável residual, ou seja, não é significativo, mas seu coeficiente de correlação (efeito total) é maior que o efeito da variável residual, então, o caráter explicativo influencia o caráter principal apenas indiretamente, sendo sua importância considerada apenas em conjunto com os demais caracteres (Singh & Chaudhary, 1979).

Mesmo a produtividade de matéria verde que apresentou efeito direto significativo na produtividade de matéria seca (0,285), teve grande contribuição do efeito indireto do número de fileiras (0,280) e do peso de grãos (0,319) para a sua correlação total com produtividade de matéria seca (0,910) (Tabela 4.2). Esses resultados indicam os caracteres agrônômicos que realmente influenciam na produtividade de matéria seca são número de fileiras de grãos na espiga e peso de grãos.

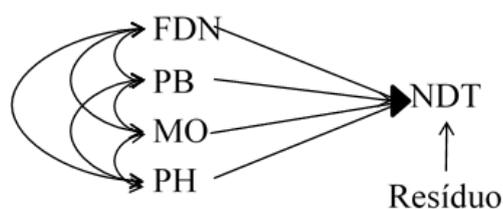
A seleção de espigas com maiores dimensões (maior diâmetro e comprimento, por exemplo), resulta, indiretamente, em aumento da quantidade e peso de grãos, proporcionando maior produtividade de matéria seca. Da mesma forma, a seleção de plantas com maior altura, além de possuírem maior biomassa, tendem a produzirem maiores espigas, e esses dois fatores contribuem para aumento da produtividade de matéria seca.

A elevada associação entre componentes de espiga e produtividade de matéria seca justifica a recomendação de híbridos com maior produção de grãos para silagem. Assim, a seleção de genótipos com maior produção de grãos resultaria em seleção indireta de híbridos com maior produtividade de matéria seca, ou seja, maior produtividade de silagem.

Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho (2013), em que a proporção de espiga, proporção de folha e número de fileiras na espiga apresentaram efeito direto significativo com produção de matéria seca total, sendo esses os caracteres de maior influência para produção de silagem. De acordo com o autor, os componentes de espiga são responsáveis pela maior fração da planta, correspondendo a quase 50%, o que contribui para maior produção de matéria seca total.

A produtividade de grãos em milho é um caráter complexo, influenciado por vários componentes como peso médio de espiga, comprimento médio das espigas, diâmetro médio do sabugo, diâmetro médio de espigas, comprimento do grão, dentre outras (Lopes et al., 2007; Kurek et al., 2001; Almeida Filho et al., 1999; Flaresso et al., 2000). A seleção para os componentes de espigas, então, é interessante, pois estes possuem maior herdabilidade que a produtividade de grãos e podem auxiliar na seleção de genótipos superiores para a silagem por meio de seleção indireta, tornando mais eficiente o trabalho do melhorista.

Para o segundo grupo, relacionado a qualidade nutricional da silagem, a variável principal escolhida foi nutrientes digestíveis totais (NDT), e os caracteres secundários foram acidez (pH), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), sendo realizada análise de trilha com uma cadeia (Figura 4.2).



**Figura 4.2.** Diagrama causal de uma única cadeia com os efeitos diretos e inter-relações entre as variáveis explicativas (PH: acidez; MO: teor de matéria orgânica; PB: teor de proteína bruta; FDN: teor de fibra em detergente neutro) e da variável residual sobre o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT)

A variação obtida para nutrientes digestíveis totais (NDT) foi explicada pelos demais caracteres, tendo o coeficiente de determinação de 0,8981. Todos os caracteres apresentaram efeito direto significativo sobre NDT, exceto o teor de proteína bruta, que apresentou efeito indireto de 0,058, inferior ao efeito da variável residual (0,3192) (Tabela 4.3).

Dentre as variáveis que apresentaram efeito direto significativo sobre NDT, observa-se maior efeito para a FDN (-0,563) (Tabela 4.3). A associação entre esses caracteres é explicada pelo teor de fibra indigestível, lignina e celulose, presente na FDN, que é representada pela fibra em detergente ácido (FDA). FDN e FDA estão correlacionadas positivamente entre si e negativamente com a variável principal, sendo os caracteres que exercem maior influência sobre a digestibilidade da silagem. A medida que se aumenta o teor total de fibras, há diminuição da disponibilidade de nutrientes no alimento, reduzindo

sua energia e digestibilidade para o animal (Penati, 1995; Beleze et al., 2003; Lupatini et al., 2010). O teor de FDA não foi incluído na análise de trilha, uma vez que é utilizado no cálculo de NDT, e pode contribuir para aumentar o erro das estimativas dos efeitos dos demais caracteres sobre NDT.

**Tabela 4.3.** Desdobramento dos coeficientes de correlação genética em efeitos diretos e indiretos tendo como variável resposta nutrientes digestíveis totais (NDT) em híbridos comerciais de milho na densidade convencional de plantio.

Caráter	Efeito direto		Efeito indireto			Total
	NDT	FDN	PB	MO	PH	
FDN	-0,563	-	0,058	-0,420	-0,026	-0,952
PB	0,058	-0,563	-	-0,013	-0,208	-0,726
MO	0,420	0,562	-0,002	-	-0,221	0,760
PH	-0,419	-0,035	0,029	0,222	-	-0,203
Coeficiente de determinação: 0,8981			Efeitos residuais: 0,3192			

PH: acidez; MO: teor de matéria orgânica; PB: teor de proteína bruta; FDN: teor de fibra em detergente neutro; NDT: teor de nutrientes digestíveis totais. \*: significativo quando comparado à variável residual.

A energia, atribuída a disponibilidade de NDT na silagem, é o caráter de maior influência na qualidade da silagem. Para obter silagens com maior teor de energia e digestibilidade, o melhorista deve se atentar, principalmente, aos teores de fibras presentes nos híbridos, com destaque para a redução da porção de fibra indigestível (FDA), fator determinante para o aumento da qualidade (Salazar et al., 2010; Gralak et al., 2017).

Observa-se que a contribuição indireta de FDN no NDT através do teor de matéria orgânica também foi expressiva, apresentando efeito indireto de 0,562 (Tabela 4.3). Dessa forma, quanto maior o teor de matéria orgânica disponível na silagem, maior a disponibilidade de NDT. O teor de matéria orgânica é inversamente proporcional ao teor de matéria mineral, sendo ideal teores próximos a 97% (Pereira, 2013).

É interessante observar que o teor de matéria orgânica e o pH não apresentaram correlação genética significativa com a produtividade de matéria seca (Tabela 4.1), porém apresentaram efeitos diretos significativos (Tabela 4.3). O efeito indireto do pH via teor de matéria orgânica foi negativo e de expressiva magnitude (-0,221). O mesmo ocorreu com o efeito indireto do teor de matéria orgânica via pH, só que com estimativa positiva (0,222). Esses resultados indicam que os efeitos indiretos de um caráter através do outro, contribuíram para anular a correlação genética deles com a produtividade de matéria seca.

A correlação negativa entre pH e produtividade de matéria seca era esperada, uma vez que menores valores de pH resultam em melhor conservação da silagem e, conseqüentemente, maior digestibilidade e energia. Isso mostra que se deve interpretar as

estimativas de correlação com cautela, e que o desmembramento do coeficiente de correlação, através da análise de trilha, pode auxiliar na interpretação desses resultados. A não detecção de correlação entre dois caracteres, não necessariamente significa que eles não estão associados. Isso pode ocorrer em função dos efeitos indiretos de outros caracteres sobre os caracteres em questão. Da mesma forma, pode-se detectar uma correlação significativa de forma equivocada. A detecção da real correlação entre caracteres é essencial para o trabalho do melhorista, uma vez que indica se a seleção para um caráter interfere de forma positiva ou negativa na expressão de outro caractere de interesse.

Além disso, a detecção da correlação depende, também, da população utilizada. Neste estudo, foram utilizados híbridos comerciais que já passaram por processos de melhoramento e, portanto, acabam sendo semelhantes em alguns caracteres, especialmente no que se refere aos caracteres bromatológicos. A existência de variação é essencial para detectar a correlação entre caracteres.

Vale lembrar que a significância da correlação genética neste estudo (Tabela 4.1) foi obtida através do teste de permutação utilizando 5000 iterações. Nesse caso, são realizadas amostragens e estimadas correlações para cada amostra, obtendo-se um intervalo de confiança. Se a correlação entre os caracteres obtidas inicialmente estiver contida no intervalo de confiança obtido a partir das correlações calculadas por amostragem, então ela é considerada significativa. Isso explica por que uma correlação de  $r_G = 0,76$  entre NDT e teor de matéria orgânica pode não ser significativa, enquanto uma correlação de  $r_G = 0,62$  entre produtividade de matéria seca e peso de grãos, por exemplo, foi significativa. Se forem aplicados outros testes menos rigorosos, como o teste de t, um maior número de correlações significativas pode ser detectado.

### **4.3.3 Associação o grupo de caracteres agronômicos e o grupo de caracteres bromatológicos**

A análise de correlação canônica apresentou dependência linear entre os grupos de variáveis, mostrando que os caracteres relacionados a produtividade de grãos e biomassa (grupo II) interferem na qualidade nutricional silagem (grupo I), estando correlacionados positivamente (Tabela 4.4). O teste de qui-quadrado apresentou significância ( $p \leq 0,05$ ) para os três primeiros pares canônicos, portanto, são os únicos de interesse no estudo, sendo que

o primeiro par canônico é o que melhor explica a relação entre os grupos ( $r = 0,93$ ), seguido pelo segundo ( $r = 0,77$ ) e terceiro ( $r = 0,58$ ).

Analisando o primeiro par canônico, a associação entre os grupos de produtividade e qualidade nutricional da silagem é estabelecida, principalmente, pela influência da produtividade de matéria verde (-0,6909) no teor de fibra em detergente neutro (-0,7786), matéria orgânica (0,6936) e nutrientes digestíveis totais (0,6814). A produção de matéria verde é uma variável complexa que está correlacionada geneticamente a diversos caracteres.

A produtividade de matéria verde e FDN variam no mesmo sentido. Já foi mencionado que plantas mais altas resultam em maior produção de biomassa e aumento da proporção de colmo na planta. O colmo é o componente com maior teor de fibra da planta e sua presença em maior quantidade resulta em silagens com maiores quantidades de fibra, tanto digestível (FDN) quanto indigestível (FDA) (Neumann et al., 2007; Mendes et al., 2008; Paziani et al., 2009).

**Tabela 4.4.** Coeficientes de correlação canônica e pares canônicos estimados entre os grupos de caracteres relacionados a produtividade (grupo II) e qualidade da silagem (grupo I) de milho

Grupo I	Pares canônicos				
	U1	U2	U3	U4	U5
PH	0,5084	0,2476	0,0096	0,4801	-0,6706
MO	0,6936	0,0532	-0,2021	0,5827	0,3684
PB	-0,4099	-0,3468	-0,0673	0,6417	-0,5436
FDN	-0,7786	0,5896	-0,0040	0,1070	-0,1865
NDT	0,6814	-0,6682	0,2339	-0,0852	0,1651
Grupo II	V1	V2	V3	V4	V5
AP	-0,4887	0,6577	0,0523	0,3074	0,0251
PRE	0,1250	0,2524	0,4202	-0,4038	0,3420
NFE	0,0811	-0,2342	0,6406	0,1945	-0,0591
DE	-0,2567	0,1235	0,1336	-0,2581	0,3166
CG	-0,1465	-0,0038	-0,1572	-0,1853	0,2732
CE	-0,2949	-0,2958	0,0867	0,0285	0,0061
PE	-0,2657	-0,0871	0,1354	-0,2617	0,1768
PMV	-0,6909	-0,0524	0,1989	0,2512	0,4971
PMS	-0,1406	-0,0995	0,2916	0,2428	0,7165
r	0,93	0,77	0,58	0,56	0,32
p-value	0,0000	0,0000	0,0482	0,9162	28,892

AP: altura de plantas; PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; DE: diâmetro de espigas; CG: comprimento de grãos; CE: comprimento de espigas; PE: peso de espigas; PMV: produção de matéria verde; PMS: produção de matéria seca; PH: acidez; MO: teor de matéria orgânica; PB: teor de proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; NDT: nutrientes digestíveis totais. r: correlação entre grupos.

Com o aumento da produção de matéria verde, há maior teor de fibra e, conseqüentemente, menor disponibilidade de nutrientes digestíveis totais e matéria orgânica. Esses resultados foram os mesmos observados na análise de trilha e indicam que a redução da produtividade de biomassa através da diminuição do porte das plantas pode favorecer a qualidade da silagem.

Colaborando com os resultados obtidos no primeiro par canônico, o segundo par estabeleceu associação entre grupos através da variável altura de plantas (0,6577), estando relacionada em mesmo sentido com fibra em detergente neutro (0,5896) e em sentido oposto com nutrientes digestíveis totais (-0,6682).

Para o terceiro par canônico, embora tenha sido significativo ( $p \leq 0,05$ ), nenhuma variável do grupo I apresentou coeficientes de correlação elevados, superiores a 0,50, não estabelecendo associação entre caracteres do grupo II.

Com esses resultados é possível realizar a seleção simultânea entre diferentes grupos de caracteres, em que híbridos com menores alturas e, conseqüentemente, menor produção de biomassa, resultariam em silagens com melhor qualidade através da redução do teor de fibra e aumento da quantidade de nutrientes digestíveis totais. Assim, embora alguns caracteres se correlacionem de forma indesejada, é possível fazer melhoramento de milho para aumentar simultaneamente a produtividade e a qualidade da silagem.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Há forte relação entre os componentes de espiga e a produtividade de matéria verde e seca, sendo que genótipos com maior produtividade de grãos podem ser utilizados na seleção indireta para produtividade de matéria seca.

Os teores de fibra possuem grande impacto na qualidade da silagem, estando correlacionados negativamente com sua digestibilidade. Também possuem relação positiva com a altura das plantas, sendo de interessante que os programas de melhoramento invistam na redução simultânea dessas características.

O conhecimento dos efeitos indiretos dos caracteres entre si é importante para que o melhorista não tome decisões precipitadas apenas com base na estimativa de correlação. É possível fazer melhoramento de milho para aumentar simultaneamente a produtividade e a qualidade da silagem.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, S. L. **Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays*, L.) para silagem.** 1996. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. D. S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 1. Produtividade, características morfológicas e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 529-537, 2003.

BELLO, O. B.; ABDULMALIQ, S. Y.; AFOLABI, M. S.; IGE, S. A. Correlation and path coefficient analysis of yield and agronomic characters among open pollinated maize varieties and their F<sub>1</sub> hybrids in a diallel cross. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 9, n. 18, p. 2633-2639, 2010.

CABRAL, P. D. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS, I. L. J.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C. Relação causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 108-117, 2016.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, V. R.; CRUZ, C. D.; CASALI, V. W. D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 603-613, 1999.

CARVALHO, A. F. G. **Caracterização e relações entre caracteres agronômicos em milho e bromatológicos da silagem no sudoeste do Paraná.** 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

CARVALHO, S. P.; CRUZ, C. D. **Diagnosis of multicollinearity:** assessment of the condition of correlation matrices used in genetic studies. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 19, n. 1, p. 479-484, 1996.

CHAVES, L. G. **Seleção de genitores comerciais e controle genético de características agronômicas e nutricionais de plantas de milho para silagem.** 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK R. E.; HARRISON J. H. *Silage Science and Technology*. **American Society of Agronomy**, Madison, 2003, p. 141-198.

CRISPIM FILHO, A. J. **Estimação de parâmetros genéticos e análise de trilha em uma população de milho com potencial para seleção recorrente**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. v.1. 480 p.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, p. 1691-1697, 2008.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro. **Comunicado Técnico 74 – Embrapa Gado de Leite**, Juiz de Fora, v. 1, n. 1, 10 p, 2014.

DOURADO NETO, D.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; PALHARES, M.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 03, 2003.

ENTRINGER, G. C.; SANTOS, P. H. A. D.; VETTORAZZI, J. C. F.; CUNHA, K. S.; PEREIRA, M. G. Correlação e análise de trilha para componentes de produção de milho superdoce. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 356-361, 2014.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Londres: Longman Group, 1996. 464 p.

FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; ANDRADE, J. B. Características agronômicas, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. D. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1608-1615, 2000.

FONSECA, A. H.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S.; CARVALHO, G. S. Características agronômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho visando à produção de silagem de alto valor nutritivo. **Revista Ceres**, Lavras, v. 49, n. 281, p. 41-54, 2002.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; FIGUEIREDO, A. S. T.; RIZZARDI, D. A.; NEUMANN, M.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; GALBEIRO, S. Genetic divergence among corn hybrids and combining ability for agronomic and bromatological traits of silage. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, 2017.

HÜLSE, J. **Altura de colheita do milho para silagem: valor nutritivo, balanço de nutrientes no solo, produção animal e desempenho econômico.** 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 767 p.

KINFE, H.; TSEHAYE, Y. Studies of heritability, genetic parameters, correlation and path coefficient in elite maize hybrids. **Academic Research Journal of Agricultural Science and Research**, Sapele, v. 3, n. 10, p. 296-303, 2015.

KJELDAHL, J. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, Berlim, v. 22, p. 366-382, 1883.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. D.; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 29-32, 2001.

LOPES, A. C. A.; VELLO, N. A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. M.; TSUTSUMI, C. Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônomo de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, 2010.

LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**, Sunderland: Sinauer, 1998.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Plant density and agronomic traits of maize hybrids in narrow row spacing. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93, 2005.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; SOUZA FILHO, A. X. 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.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1982. 504 p.

OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S. **Avaliação de cultivares de milho para silagem: resultados do ano agrícola 2003/2004.** Circular Técnica 82 - Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, v.1, n.1. 14 p, 2005.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q.; OLIVEIRA, A. C.; MAIA, L. C. Correlações fenotípica, genética e de ambiente entre caracteres de milho híbrido da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 379-394, 2016.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; RESTLE, J.; SANDINI, I. E.; ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 847-854, 2007.

OLIVEIRA, E. J.; LIMA, D. S.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; DANTAS, J. L. L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010.

OLIVEIRA, P. C. S.; ARCANJO, A. H. M.; MOREIRA, L. C.; JAYME, C. G.; NOGUEIRA, M. A. R.; LIMA, F. A. S.; PENA, H. C.; CAMILO, M. G. Qualidade na produção de silagem de milho. **PUBVET**, Londrina, v. 8, n. 4, p. 340-443, 2014.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. W. H. O.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94

PAZIANI, S. D. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PENATI, M.C. **Relação de alguns parâmetros agronômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zea mays* L.) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca na planta**. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.

PEREIRA, B. M. **Avaliação da qualidade da silagem de híbridos de milho (*Zea mays* L.) cultivados no Distrito Federal**. 2013. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 522 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. Experimentação em genética e melhoramento de plantas. 3a edição. Ed. Lavras, 2012. 328p.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L.; PASCOAL, L. L.; SILVA, J. D.; PELLEGRINI, L. D.; SOUZA, A. D. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1235-1244, 2002.

- ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.302-312, 2004.
- SALAZAR, D.R.; STABILE, S.S.; GUIMARÃES, P.S.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; SANTOS, M.V.; PRADA e SILVA, L.F. Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.45, n.7, p.758-766, 2010.
- SANTOS, J. B.; VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, 1986.
- SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; AZEVÊDO, J. A. G.; MORAES, S. A.; COSTA, C. T. F. Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.
- SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Estatística e Experimentação Agrícola) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.
- SILVA, T. N.; MORO, G. V.; MORO, F. V.; SANTOS, D. M. M.; BUZINARO, R. Correlation and path analysis of agronomic and morphological traits in maize. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 351-357, 2016.
- SILVA, E. M. **Estimação de parâmetros genéticos e seleção para múltiplos caracteres em populações de seleção recorrente de milho**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
- SINGH, R. K; CHAUDHARY, B. D. **Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis**. Hissar: Haryana Agricultural University, 1979. 304 p.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. **Forage analyses procedures**. Omaha: National Forage Testing Association, 1993. 135p.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202 p.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap. 5, p. 137-209.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

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, 2001.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, p. 557-585, 1921.

## ANEXOS

**Anexo A.** Características comerciais fornecidas pelas empresas obtentoras dos híbridos de milho utilizados para caracterização agrônômica e bromatológica

Híbrido	Tipo <sup>1</sup>	Empresa	Tecnologia	Ciclo <sup>2</sup>	Época <sup>3</sup>	Uso <sup>4</sup>	Cor <sup>5</sup>	Dens. <sup>6</sup>	Text. <sup>7</sup>	A.E. <sup>8</sup>	A.P. <sup>9</sup>
30F53	HS	Pioneer	Convencional	P	V/S	G/SPI	AL	55 - 72	SDU	1,10 a 1,20	2,60 a 2,80
AS 1596	HS	Agroeste	PRO 3	SP	V	G/SGU	AL	55 - 72	SDU	NI*	NI*
DKB 310	HS	Dekalb	PRO 3	SP	V/S	G/SPI	AL	NI	SDU	1,22 a 1,65	2,35 a 2,70
BM 207	HD	Biomatrix	Convencional	P	V/S	G/SPI	AV	50 - 65	SDU	1,20	2,40
BM 3061	HT	Biomatrix	Convencional	P	V/S	SPI/MV	AM	45 - 60	DENT	1,60	2,80
BM 709	HS	Biomatrix	PRO 2	SMP	V/S	G	AV/AL	50 - 65	SDENT	1,50	2,60
BM 3063	HT	Biomatrix	PRO 2	P	V/S	G/SPI	AM	50 - 65	DENT	1,40	2,40
BM 855	NI*	Biomatrix	PRO 2	P	V/S	G/SPI/SGU	AL	45 - 65	SDENT	1,30 a 1,70	2,25 a 2,65
SHS 7920	NI*	Stª Helena	PRO	P	V/S	G/SPI	AM	50 - 65	DENT	1,40 a 1,80	2,40 a 2,80
LG3055	HS	Limagrain	PRO 3	P	V/S	G/SPI	AL	45 - 62	SDU	NI*	NI*
DKB 390	HS	Dekalb	PRO 3	P	V/S	G	AL	60 - 65	SDU	1,25 a 1,40	2,25 a 2,45
SHS 4080	HD	Stª Helena	Convencional	P	V/S	G/SPI	LR	50 - 60	SDU	1,30	2,40
HL 1480	NI*	Stª Helena	PRO 2	NI*	NI*	NI*	NI*	NI*	NI*	NI*	NI*
SHS 4070	HD	Stª Helena	Convencional	NI*	V	G/SPI	AM	50 - 55	DENT	1,60	2,70
SHS 7990	HS	Stª Helena	PRO 2	P	V/S	G/SGU	AV	50 - 65	DENT	1,30	2,60
P4285	HS	Pioneer	YHR	P	V/S	G/SPI	AM/AL	55 - 65	DURO	1,30 a 1,50	2,90 a 3,10
30F35	HS	Pioneer	Convencional	P	V/S	G	AL	55 - 72	SDU	1,40 a 1,55	2,90 a 3,20
AG1051	HD	Agrocere	Convencional	SMP	V/S	G/SPI/MV	AM	40 - 55	DENT	1,60	2,60
AS 1575	HS	Agroeste	Convencional	SP	V	G/SPI/SGU	AM/AL	45 - 55	SDU	NI*	NI*
RB 9110	HS	Riber kws	Convencional	SP	V/S	G/SPI	AM/AL	50 - 70	SDENT	1,00 a 1,10	1,90 a 2,10
30S31	HS	Pioneer	Convencional	P	V/S	G	AL	55 - 70	SDU	1,50 a 1,60	3,00 a 3,20

<sup>1</sup>Tipo de híbrido: HS: híbrido simples; HD: híbrido duplo; HT: híbrido triplo; <sup>2</sup>Ciclo: P: precoce; SP: superprecoce; SMP: semiprecoce; <sup>3</sup>Época de plantio: V: verão; S: safrinha; <sup>4</sup>Recomendação de uso: G: grão; SGU: silagem de grão úmido; SPI: silagem de planta inteira; MV: milho verde; <sup>5</sup>Cor do grão: AL: alaranjado; AV: avermelhado; AM: amarelado; LR: Laranja; <sup>6</sup>Densidade de plantio, em 1.000 plantas por hectare; <sup>7</sup>Textura do grão: SDU: semiduro; DENT: dentado; SDENT: semidentado; <sup>8</sup>A.E.: altura média da espiga, em metros; <sup>9</sup>A.P.: altura média da planta, em metros; \*NI: não informado.

**Anexo B.** Resumo das análises de variância, média geral, estimativas dos coeficientes de variação experimental ( $\widehat{CV}_E$ ) e das acurácias ( $R_{GG}$ ) para os caracteres agronômicos avaliados no experimento com densidade de plantio convencional

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>						
		FM	FF	IF <sup>2</sup>	AP	AE	PRE	NFE
Híbrido	20	10,59**	8,54**	2,83*	363,65**	193,10**	0,0025**	4,982**
Bloco	2	0,21	0,96	0,77	564,81**	351,48**	0,0024	0,152
Erro	40	1,20	1,48	1,31	94,31	56,61	0,0007	0,470
Média	-	57,92	57,89	1,08	209,77	106,81	0,51	14,74
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	1,89	2,10	16,17	4,63	7,04	5,36	4,65
$R_{GG}$	-	0,94	0,90	0,73	0,86	0,84	0,84	0,95

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>						
		NGF	DE	DS	CG	CE	PE	PG
Híbrido	20	22,639**	0,205**	0,056**	0,167**	4,090**	4597,0**	44,619**
Bloco	2	0,900	0,044	0,045*	0,018	0,934	2173,2	25,588
Erro	40	7,023	0,032	0,012	0,040	1,185	757,2	11,960
Média	-	35,57	4,81	2,61	2,20	17,15	189,60	39,11
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	7,45	3,71	4,27	9,09	6,35	14,51	8,84
$R_{GG}$	-	0,83	0,92	0,88	0,87	0,84	0,91	0,85

<sup>1</sup>FM: florescimento masculino (dias); FF: florescimento feminino (dias); IF: intervalo de florescimento (dias); AP: altura de plantas (cm); AE: altura de espigas (cm); PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas (cm); DS: diâmetro de sabugos (cm); CG: comprimento de grãos (cm); CE: comprimento de espigas (cm); PE: peso de espigas (g.pl<sup>-1</sup>); PG: peso de 100 grãos (g). <sup>2</sup>Dados originais em módulo somados a uma constante igual a 6. \*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Anexo C.** Resumo das análises de variância, média geral, estimativas dos coeficientes de variação experimental ( $\widehat{CV}_E$ ) e das acurácias ( $R_{GG}$ ) para os caracteres agronômicos avaliados no experimento adensado

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>						
		FM	FF	IF <sup>2</sup>	AP	AE	PRE	NFE
Híbrido	20	7,79**	11,61**	2,71**	286,06**	274,03**	0,0015	4,45**
Bloco	2	1,92	10,11**	1,06	103,16	0,46	0,0008	0,52
Erro	40	0,67	1,42	1,01	108,86	84,60	0,0009	0,62
Média	-	57,63	58,44	1,22	226,46	122,73	0,54	14,45
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	1,42	2,04	13,93	4,60	7,49	5,72	5,44
$R_{GG}$	-	0,95	0,93	0,79	0,78	0,83	0,60	0,92

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>						
		NGF	DE	DS	CG	CE	PE	PG
Híbrido	20	29,08**	0,166**	0,054*	0,144**	6,41**	39531**	18,60*
Bloco	2	9,37	0,008	0,027	0,014	2,23	13615	4,86
Erro	40	9,61	0,046	0,025	0,047	1,92	939,2	8,15
Média	-	33,22	4,65	2,54	2,11	15,46	165,63	36,12
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	9,33	4,64	6,20	10,29	8,97	18,5	7,90
$R_{GG}$	-	0,81	0,84	0,74	0,82	0,84	0,87	0,75

<sup>1</sup>FM: florescimento masculino (dias); FF: florescimento feminino (dias); IF: intervalo de florescimento (dias); AP: altura de plantas (cm); AE: altura de espigas (cm); PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas (cm); DS: diâmetro de sabugos (cm); CG: comprimento de grãos (cm); CE: comprimento de espigas (cm); PE: peso de espigas (g.pl<sup>-1</sup>); PG: peso de 100 grãos (g). <sup>2</sup>Dados originais em módulo somados a uma constante igual a 6. \*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Anexo D.** Resumo das análises de variância conjunta e estimativas dos coeficientes de variação experimental ( $\widehat{CV}_E$ ) para os caracteres agrônômicos e bromatológicos.

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>					
		FM	FF	IF <sup>2</sup>	AP	AE	PRE
Densidades	1	2,57	9,72*	0,64	8783,4**	7984,2**	0,0317**
Híbrido	20	17,87**	19,27**	3,65**	563,8**	442,4**	0,0027**
Bloco	3	1,67	7,93**	1,20	273,6	177,5	0,0030*
Den. x Hib.	20	0,52	0,89	1,89	85,9	24,7	0,0012
Erro	82	0,93	1,50	1,15	108,7	73,1	0,0008
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	1,67	2,10	15,00	4,78	7,45	5,50

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>					
		NFE	NGF	CE	DE	DS	CG
Densidades	1	2,64*	173,86**	89,59**	0,82**	0,17**	0,23*
Híbrido	20	8,90**	37,79**	7,89**	0,34**	0,09**	0,25**
Bloco	3	0,51	7,59	3,01	0,03	0,07*	0,01
Den. x Hib.	20	0,53	13,93	2,61	0,03	0,02	0,06
Erro	82	0,53	8,17	1,52	0,04	0,02	0,04
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	5,01	8,31	7,56	4,16	5,24	9,64

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>					
		PG	PE	PH	MS	MM	MO <sup>3</sup>
Densidades	1	282,09**	18092,7**	0,87**	3,70	0,20	0,0005
Híbrido	20	53,52**	6939,1**	0,02*	19,20**	0,23	0,0006
Bloco	3	5,14	3269,1*	0,27**	22,48	0,66*	0,0016*
Den. x Hib.	20	9,69	1611,0*	0,01	11,21	0,22	0,0005
Erro	82	10,43	834,0	0,01	8,81	0,19	0,0005
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	8,58	16,26	2,90	9,01	17,25	0,23

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>					
		PB	FDN	FDA	NDT	PMV	PMS
Densidades	1	11,55**	625,83**	218,20**	106,96**	1148109**	102257**
Híbrido	20	0,66	46,51	17,56	8,60	56209**	4264**
Bloco	3	0,81	78,84	10,42	5,12	148518**	19202**
Den. x Hib.	20	0,67	37,08	12,75	6,25	17004	1663
Erro	82	0,58	47,17	14,64	7,17	12172	1498
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	10,86	19,08	21,50	3,55	18,30	19,67

<sup>1</sup>FM: florescimento masculino (dias); FF: florescimento feminino (dias); IF: intervalo de florescimento (dias); AP: altura de plantas (cm); AE: altura de espigas (cm); PRE: posição relativa das espigas; NFE: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileiras; DE: diâmetro de espigas (cm); DS: diâmetro de sabugos (cm); CG: comprimento de grãos (cm); CE: comprimento de espigas (cm); PE: peso de espigas (g.pl<sup>-1</sup>); PG: peso de 100 grãos (g); PH: acidez; MS: matéria seca (%); MM: matéria mineral (%); MO: matéria orgânica (%); PB: proteína bruta (%); FDN: fibra em detergente neutro (%); FDA: fibra em detergente ácido (%); NDT: nutrientes digestíveis totais (%); PMV: produção de matéria verde (g.pl<sup>-1</sup>); PMS: produção de matéria seca (g.pl<sup>-1</sup>). <sup>2</sup>Dados originais em módulo somados a uma constante igual a 6. <sup>3</sup>Dados originais transformados ( $\sqrt{x}$ ). \*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Anexo E.** Resumo das análises de variância, média geral, estimativas dos coeficientes de variação experimental ( $\widehat{CV}_E$ ) e das acurácias ( $R_{GG}$ ) para os caracteres bromatológicos avaliados no experimento com densidade de plantio convencional

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>				
		PH	MS	MM	MO <sup>2</sup>	PB
Híbrido	20	0,02*	13,11	0,36	0,0009	0,52*
Bloco	2	0,51**	21,36	0,16	0,0005	3,53**
Erro	40	0,01	9,56	0,21	0,0006	0,26
Média	-	3,74	32,79	2,47	97,53	7,33
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	2,62	9,43	18,48	0,24	6,97
RGG	-	0,69	0,52	0,64	0,58	0,70

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>				
		FDN	FDA	NDT	PMV	PMS
Híbrido	20	32,06	12,02	5,88	33905**	2309,9*
Bloco	2	60,01	10,51	5,16	72338**	10188,6**
Erro	40	26,32	8,50	4,16	8590	1107,9
Média	-	33,77	16,48	76,31	698,37	225,17
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	15,19	17,69	2,67	13,27	14,78
RGG	-	0,42	0,54	0,54	0,86	0,72

<sup>1</sup>PH: acidez; MS: matéria seca (%); MM: matéria mineral (%); MO: matéria orgânica (%); PB: proteína bruta (%); FDN: fibra em detergente neutro (%); FDA: fibra em detergente ácido (%); NDT: nutrientes digestíveis totais (%); PMV: produção de matéria verde (g.pl<sup>-1</sup>); PMS: produção de matéria seca (g.pl<sup>-1</sup>). <sup>2</sup>Dados originais transformados ( $\sqrt{x}$ ). \*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Anexo F.** Resumo das análises de variância, média geral, estimativas dos coeficientes de variação experimental ( $\widehat{CV}_E$ ) e das acurácias ( $R_{GG}$ ) para os caracteres bromatológicos avaliados no experimento com densidade de plantio adensado.

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>				
		PH	MS	MM	MO <sup>2</sup>	PB
Híbrido	20	0,012**	17,29*	0,096	0,0003	0,80
Bloco	2	0,003	8,72	0,636*	0,0014	0,44
Erro	40	0,003	8,12	0,168	0,0004	0,77
Média	-	3,91	33,13	2,54	97,46	6,73
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	1,50	8,60	16,12	0,21	13,09
RGG	-	0,84	0,72	-	-	0,19

FV	GL	Quadrados médios <sup>1</sup>				
		FDN	FDA	NDT	PMV	PMS
Híbrido	20	51,53	18,28	8,96	39308**	3617,7*
Bloco	2	97,66	10,33	5,08	90295**	9467,2**
Erro	40	68,02	20,77	10,18	15657	1939,9
Média	-	38,23	19,11	74,46	507,45	168,19
$\widehat{CV}_E(\%)$	-	21,57	23,85	4,29	24,66	26,18
RGG	-	-	-	-	0,77	0,68

<sup>1</sup>PH: acidez; MS: matéria seca (%); MM: matéria mineral (%); MO: matéria orgânica (%); PB: proteína bruta (%); FDN: fibra em detergente neutro (%); FDA: fibra em detergente ácido (%); NDT: nutrientes digestíveis totais; PMV: produção de matéria verde (g.pl<sup>-1</sup>); PMS: produção de matéria seca (g.pl<sup>-1</sup>). <sup>2</sup>Dados originais transformados ( $\sqrt{x}$ ). \*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.