



**MÁRCIO DE SOUZA BASTOS**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE HÍBRIDOS DE  
MILHO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM CULTIVADOS  
EM QUATRO ESTADOS BRASILEIROS**

**LAVRAS – MG  
2019**

**MÁRCIO DE SOUZA BASTOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE HÍBRIDOS DE  
MILHO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM CULTIVADOS  
EM QUATRO ESTADOS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

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

Bastos, Márcio de Souza.

Características agronômicas de híbridos de milho para  
produção de silagem cultivados em quatro estados brasileiros /  
Márcio de Souza Bastos. - 2019.

68 p.

Orientador(a): Thiago Fernandes Bernardes.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Silagem. 3. Forragem. I. Bernardes, Thiago  
Fernandes. II. Título.

**MÁRCIO DE SOUZA BASTOS**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA  
PRODUÇÃO DE SILAGEM CULTIVADOS EM QUATRO ESTADOS  
BRASILEIROS**

***AGRONOMIC TRAITS OF CORN HYBRIDS FOR SILAGE GROWN IN FOUR  
BRAZILIAN STATES***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de março de 2018  
Dr. Márcio André Stefanelli Lara - UFLA  
Dr. Luiz Gustavo Nussio – ESALQ/USP

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, à Deus, pela vida e por sempre estar me iluminando e dando forças e oportunidades de me tornar uma pessoa melhor.

A minha esposa, Selda e ao meu filho, João Lucas. Estes são a minha base, com certeza sou uma pessoa privilegiada e agradecida por tê-los ao meu lado, dando carinho e incentivo.

Aos meus pais, Rosa e Márcio. À mãe, todo agradecimento é pouco para a pessoa que, além de me dar a vida, me educou e fez de tudo para sempre apoiar as minhas decisões. Ao pai, tenho certeza que está sempre me acompanhando lá de cima para que possa estar no caminho certo.

Ao Prof. Thiago Bernardes, pela paciência, pela orientação e pelo exemplo como profissional e como pessoa. Aos demais professores do NEFOR, Márcio Lara, Daniel Casagrande e Carla Ávila, pelos ensinamentos e pelas orientações.

Aos demais colegas do grupo de Conservação de Forragens e do NEFOR, pela amizade e ajuda nas coletas e processamentos dos dados.

A todos os produtores rurais, pela disponibilidade em ceder as lavouras para as coletas dos dados e pela receptividade na propriedade.

À todos técnicos de campo e outras colegas da área, pela ajuda com as indicações das fazendas para a realização das coletas.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida. A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelo suporte fundamental na condução dos experimentos do grupo.

Às instituições Fundação ABC (Castro-PR), APTA (Colina - SP), UFG (Campus Jataí - GO), IFET Goiano (Campus Rio Verde - GO) e aos pesquisadores responsáveis, pela hospitalidade e pelo apoio em infraestrutura para realização das coletas em outros estados.

Às empresas Limagrain, Dow AgroSciences, Biomatrix e 3R Lab, pelo apoio financeiro parcial para realização das coletas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Aos amigos da República Vegas, com certeza a amizade e a convivência foram de extrema importância para conseguir viver longe de casa.

## RESUMO

Conhecer as características das lavouras e dos híbridos de milho destinados à produção de silagem em condições comerciais é de fundamental importância para as cadeias do leite e da carne. O objetivo deste estudo foi o de avaliar as características agronômicas das lavouras e dos híbridos que são utilizados para a produção de silagem em quatro estados. Para isso, 74 campos comerciais de milho (48 na safra e 26 na safrinha) nos anos agrícola de 2016/2017 e 2017/2018 foram avaliadas quanto às características agronômicas. Os dados foram avaliados por meio de estatística descritiva utilizando o programa SAS. A análise de agrupamento hierárquico para agrupar as lavouras e a análise de componentes principais para identificar os parâmetros que estão associados com a produtividade de matéria seca (MS) foram realizadas por meio do programa STATISTICA 10. A produtividade de MS na safra de verão variou de 16 a 43 ton MS/ha, enquanto na safrinha a variação foi entre 13 e 23 ton MS/ha. A proporção de grãos nas lavouras da safra de verão foi superior à encontrada na safrinha, que apresentou maiores proporções das porções fibrosas da planta. O número de grãos por espiga também foi maior no período da safra de verão. O maior número de grãos e o maior comprimento dos mesmos foram características que melhor explicaram as maiores produtividades e proporções de grãos. Observou-se que maior a altura de planta e a maior espessura do colmo influenciaram em maiores proporções de colmo e maiores produtividades da porção vegetativa. Portanto, o número de grãos, o comprimento dos mesmos na espiga, bem como a altura de planta e a espessura do colmo são características que estavam associadas com a produtividade de MS. As lavouras conduzidas no verão tiveram produtividade de MS superior quando comparado com aquelas plantadas na safrinha.

Palavras chaves: composição morfológica; correlações; milho; produtividade; silagem

## **ABSTRACT**

Identifying the traits of corn hybrids used for silage making under commercial conditions is crucial for milk and beef industries. The aim of this study was to characterize corn fields and hybrids grown in four Brazilian states. Seventy-four corn fields (48 and 26 for the first and second growing seasons, respectively) were visited for 2-yr. Descriptive statistics was used to characterize corn fields and hybrids using SAS software. The Ward's hierarchical clustering analysis was carried out to group fields and a principal component analysis was performed to identify traits associated with dry matter yield using Statistica software. Yield varied from 16 to 43 ton DM/ha and from 13 to 23 ton DM/ha for the first and second growing season, respectively. Grain yield and grain proportion were greater for fields grown during the first season. Conversely, stover yield and stover proportion were greater for fields grown during the second season. Ear with more kernels and longer kernels determined greater grain yield. Taller plants with thicker stalk were related with greater stover yield. Thus, forage yield was associated with number of kernels per ear, kernel length, plant height, and stalk thickness. Overall, hybrids demonstrated great potential to yield corn forage, especially those grown during the first growing season.

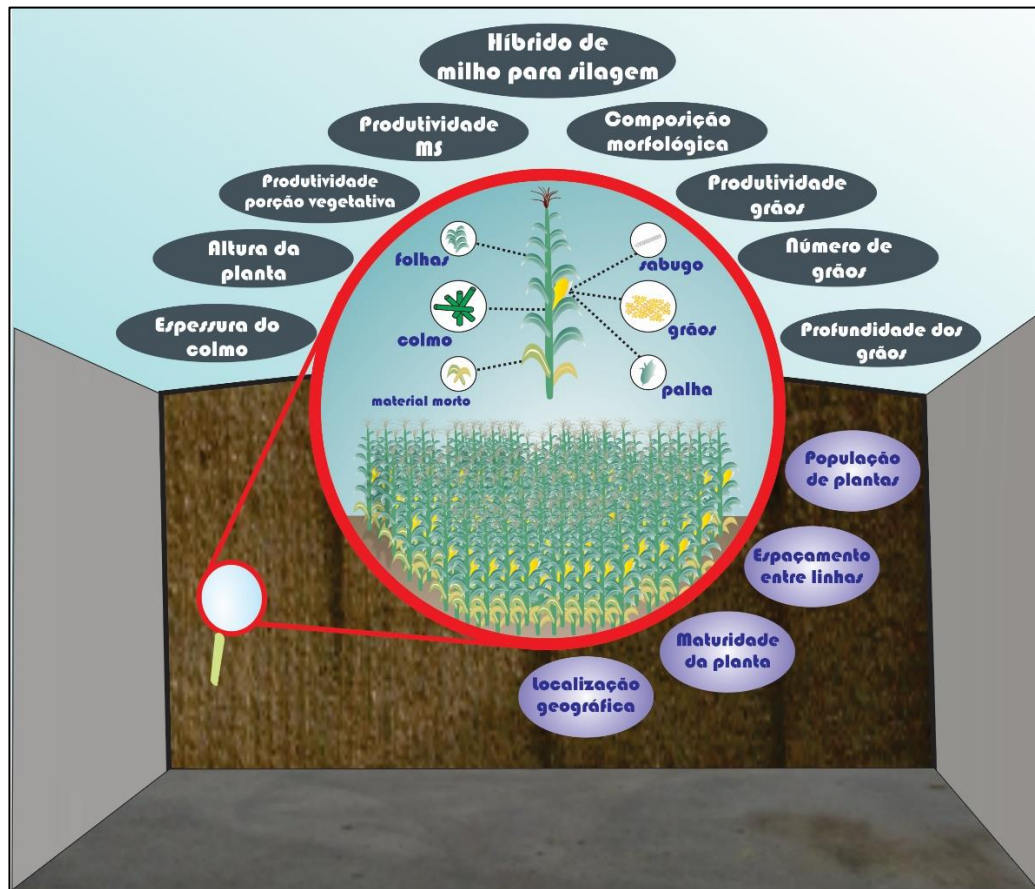
**Key-words:** morphological composition; correlations; corn; yield; silage

## **RESUMO INTERPRETATIVO**

O estudo teve como objetivos avaliar lavouras em fazendas e híbridos de milho em relação às características das plantas e à alguns tipos de manejo, bem como entender como essas características afetam a produção da silagem de planta inteira. Os grãos, assim como o colmo, foram as partes da planta que mais influenciaram na produção de milho por área plantada, sendo que quanto maior a quantidade desses, mais produtiva foram as lavouras. A maior quantidade de grãos está ligada com presença de espigas mais compridos e com grãos maiores, enquanto a maior quantidade de colmo está ligada às plantas mais altas e com colmo mais grosso. Plantio com maior quantidade de plantas por hectare, ou com menores distancias entre as linhas de plantio acarretaram, até certo ponto, em maior a produção de forragem. A maturidade no momento colheita também afeta essas características das plantas. Plantas mais passadas apresentam maior quantidade de grãos em relação às folhas e ao colmo, porém essas partes fibrosas têm queda no valor nutritivo. Em relação às diferenças entre as épocas de cultivo dentro de um ano agrícola, os resultados obtidos na safra foram superiores aos encontrados na safrinha, já que nesta segunda época o clima acaba sendo menos favorável.



## RESUMO GRÁFICO



**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM CULTIVADOS EM QUATRO ESTADOS BRASILEIROS**

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 HIPÓTESE .....</b>	<b>12</b>
<b>3 OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
<b>4 REVIÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Cultura do milho .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1.1 A planta de milho .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1.2 Importância econômica .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.3 Épocas de plantio .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Produção de silagem .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Características agronômicas do milho para produção de silagem</b>	<b>20</b>
<b>4.3.1 Produção de biomassa .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3.2 Participações dos componentes morfológicos .....</b>	<b>23</b>
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Locais e épocas de coletas dos dados .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Avaliações das lavouras e das plantas .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 Análises estatísticas .....</b>	<b>31</b>
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1 Primeira safra .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.1 Resultados descritivos .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.2 Resultados de agrupamentos hierárquicos .....</b>	<b>37</b>
<b>6.1.3 Resultados de análise de componentes principais .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Segunda safra .....</b>	<b>41</b>
<b>6.2.1 Resultados descritivos .....</b>	<b>41</b>
<b>6.2.2 Resultados de agrupamentos hierárquicos .....</b>	<b>45</b>
<b>6.2.3 Resultados de análise de componentes principais .....</b>	<b>47</b>
<b>7 DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é a cultura mais utilizada para a produção de silagem pelos produtores de leite e de carne do Brasil (BERNARDES E DO RÊGO, 2014; OLIVEIRA E MILLEN, 2014) e também de outros países (BORREANI E TABACCO, 2010; FERRARETTO *et al.*, 2015). Quando bem manejada, a cultura do milho pode oferecer um elevado potencial de produção de matéria seca (MS), altos valores de energia devido à presença do amido (SCHWAB *et al.*, 2003) e também flexibilidade para a produção de diferentes tipos de silagens (i.e., planta inteira, grãos úmidos, espigas e outras; SEGLAR E SHAVER, 2014).

O valor nutritivo e a quantidade da forragem de milho que será ensilada passa pela escolha do híbrido que será cultivado. Para a determinação dos potenciais melhores híbridos de milho que serão utilizados na produção da silagem, algumas características agronômicas devem ser levadas em consideração, tais como a produtividade de MS de forragem e de grãos, aliado a bons parâmetros de composição morfológica da planta (SILVA *et al.*, 1999). As altas produtividades de MS das lavouras acarretam em maior produção de alimento e diluição dos custos de produção dos mesmos (ALLEN *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2017). As participações das frações da planta (grãos, colmo, folha, palha e sabugo), na composição morfológica da mesma, vão influenciar diretamente na composição química da forragem, devido às diferenças histológicas existentes entre estas partes (DAYNARD E HUNTER, 1975; COORS, 1996).

Existem vários genótipos de milho adequados para diferentes regiões e épocas de plantio. Estes genótipos se diferenciam quanto ao ciclo, tolerância às doenças e pragas, tipos de solos, condições ambientais e tipos de manejo (PEREIRA FILHO E BORGHI, 2016). Porém, a maioria dos programas de melhoramento genético das empresas de sementes de milho não têm acompanhado o desenvolvimento do mercado de silagem (MENDES *et al.*, 2008; PEREIRA FILHO E BORGHI, 2016).

O período do ano no qual é feita a condução da lavoura é um fator que poderá interferir no resultado final de produção e no valor nutritivo do alimento. Isto porque as condições ambientais são bastante distintas entre o período da safra

de verão e da safrinha (CRUZ *et al.*, 2015), o que leva a planta a se adaptar e, conseqüentemente, desempenhar de forma distinta (CIRILO E ANDRADE, 1994a; OTEGUI E ANDRADE, 2000)

Fatores inerentes ao manejo da condução da lavoura poderão servir como ferramentas para se explorar, de forma eficiente, o potencial de cada híbrido, buscando atingir parâmetros ideais para a produção de silagem de alto valor nutritivo (WIERSMA *et al.*, 1993; ALLEN *et al.*, 2003). Estes fatores relacionados ao manejo que irão interferir nos parâmetros agronômicos das lavouras podem ser inúmeros, entre eles tem a densidade de plantas na lavoura (COX, 1996; CUSICANQUI E LAUER, 1999) e sua distribuição espacial dentro da área (COX *et al.*, 2006), bem como a maturidade no momento do corte (BAL *et al.*, 1997; HATEW *et al.*, 2016).

Grande parte dos estudos que avaliaram o desempenho de híbridos de milho para silagem ou métodos de manejo da cultura para o mesmo fim são executados na forma de parcelas e, na maioria dos casos também, somente no período da primeira safra do ano agrícola (SILVA *et al.*, 1999; ROSA *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2010; NEUMANN *et al.*, 2018). Assim sendo, para que se possa melhorar o entendimento dos parâmetros agronômicos da cultura do milho para a produção de silagem, faz-se necessário o conhecimento de como os híbridos de milho, comercializados atualmente no Brasil, vêm desempenhando seu potencial em lavouras de propriedades comerciais, de diversas regiões, cultivadas para a produção de silagem e com diferentes tipos de manejo adotados.

## **2 HIPÓTESES**

Os híbridos de milho atualmente comercializados em diferentes regiões brasileiras apresentam valores adequados de produtividade de MS, bem como das características agronômicas desejadas.

Existem características das plantas que irão expressar de forma mais evidente a produtividade de MS.

Existem diferenças entre as características das plantas e das lavouras cultivadas nos períodos da primeira e da segunda safra, dentro de um mesmo ano agrícola.

### **3 OBJETIVOS**

Objetivou-se, por meio do estudo, avaliar as características agronômicas de híbridos de milho cultivados para a produção de silagem e em condições de lavouras comerciais. Houve também o objetivo de avaliar as características pertinentes as plantas, buscando entender quais são aquelas que mais contribuem para a expressão da produtividade de MS. Além desses objetivos, buscou-se também avaliar se há diferença nas características das plantas e das lavouras cultivadas no período da safra de verão e no período da safrinha.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta com reprodução sexual alógama, prevalecendo a polinização cruzada. Esta planta tem estrutura floral monoica e o seu mecanismo de florescimento é protoândrico. Esta cultura agrícola pertence à família Poaceae, da tribo Maydeae e do gênero *Zea* (GARCÍA-LARA E SERNASALDIVAR, 2019).

#### 4.1.1 A planta de milho

Em relação à botânica, a planta de milho é dividida em sistema radicular e parte aérea, sendo esta última dividida em colmo, folhas, espiga e pendão (WILSON, 1993).

O colmo é o órgão da planta com a função de dar-lhe estrutura de crescimento e servir como sustentação às outras partes (MAGALHÃES *et al.*, 1995). Esta fração da planta também possui função de reserva de nutrientes e fonte de fotoassimilados para o desenvolvimento dos grãos após a polinização (JONES E SIMMONS, 1983; MAGALHÃES *et al.*, 1998). O colmo é dividido em nós e entrenós e o seu diâmetro pode variar de acordo com o genótipo das plantas e com as condições ambientais. Histologicamente, o colmo é formado por células epidérmicas que envolvem algumas camadas de células esclerenquimáticas, e essas por sua vez envolvem um conjunto denso de células parenquimáticas. Posicionados de forma dispersa dentro dessa massa de células parenquimáticas, ficam os feixes vasculares, formados pelo floema, xilema e células fibrosas de esclerênquima (WILSON, 1993).

As folhas são responsáveis pela produção de fotoassimilados que serão utilizados durante crescimento e no desenvolvimento da planta (LIMA *et al.*, 2010). A produtividade de MS dos grãos e das plantas como um todo vão depender diretamente da atividade metabólica das folhas (BELOW *et al.*, 1981; SWANK *et al.*, 1982). O número de folhas, a arquitetura e o tamanho destas são influenciados pelas condições ambientais e pelo material genético (WESTGATE *et al.*, 2004; GRALAK *et al.*, 2014). Como característica da espécie, as folhas são alternas e

lanceolada, podendo ser lisas ou cerosas. A folha do milho é composta morfológicamente por duas partes: a lâmina foliar (ou limbo foliar) e a bainha. A bainha é a parte que une a folha ao colmo e tem função importante na condução de produtos entre estas partes, além de contribuir na proteção física da parte onde está unida ao colmo (ESAU, 1977). Quanto à histologia do limbo foliar, na parte mais externa, a folha é revestida pela epiderme, que tem função de proteção (RAVEN *et al.*, 1996) e também é onde são encontrados os estômatos, responsáveis pelas trocas gasosas da planta com o meio (ESAU, 1977). O interior da folha é constituído pelo mesófilo e os feixes vasculares. As folhas possuem anatomia do tipo Kranz, onde os feixes vasculares, compostos pelo xilema e pelo floema, são dispostos paralelamente e sustentados por células de esclerênquima ligadas à epiderme, e ao redor deste, se encontram as células da bainha do feixe e o mesófilo, compostos por células parenquimáticas, responsáveis pela fotossíntese e pelo tipo de rota metabólica da planta (DENGLER AND NELSON, 1999).

A espiga, inflorescência feminina, é considerada um ramo lateral modificado. Cada espiga possui de 500 a 1000 óvulos passíveis de polinização (GARCÍA-LARA E SERNA-SALDIVAR, 2019). A espiga é composta pelo sabugo, pelos grãos e pela palha. As palhas possuem células com as paredes celulares compostas majoritariamente por celulose e lignina (HUDA E YANG, 2008) e possuem a função de proteção dos grãos. O sabugo é composto por tecidos de células parenquimáticas e é envolto por uma camada, fibrosa e resistente, formada por feixes vasculares (GARCÍA-LARA *et al.*, 2019). O sabugo é capaz de armazenar nutrientes e também é responsável pelo transporte destes nutrientes para o desenvolvimento e enchimento dos grãos (GARCÍA-LARA *et al.*, 2019).

Os grãos do milho são classificados como do tipo cariopses e são formados por três estruturas básicas: o pericarpo, o endosperma e o embrião (WATSON, 2003). Além destas estruturas, cada fruto se liga ao sabugo por uma estrutura chamada pedicelo (WATSON, 2003; GARCÍA-LARA *et al.*, 2019). O pericarpo é uma estrutura de proteção contra fatores biótico e abióticos, é originado da parede do ovário e representa aproximadamente 7% do peso do grão (WATSON, 2003). O embrião corresponde a aproximadamente 10 a 12% do grão e é formado pela radícula, pelo hipocótilo, pela plúmula e pelo coleóptilo, que são órgãos capazes de formar uma nova planta (PAES, 2006). Além disto, a parte embrionária contribui altamente com a quantidade de lipídeos e de minerais nos



grãos (aproximadamente 80% para ambos; QUACKENBUSH *et al.*, 1963). O endosperma é a parte de maior representatividade no grão. É composto por quatro estruturas: a aleurona, a sub-aleurona (ou endosperma periférico), o endosperma vítreo e o endosperma farináceo (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). A proporção entre as quantidades de cada tipo de endosperma (vítreo ou farináceo) é o que definirá a textura dos grãos (WATSON, 1988). O endosperma é composto majoritariamente por células preenchidas com grânulos de amidos, que são imersos em uma matriz proteica de prolamina (zeína, no caso do milho) (WATSON, 2003). Existem dois grupos genéticos predominantes de cultivares de milho: macio e duro (ou flint), que se diferenciam pela proporção e arranjo de cada tipo de endosperma, vítreo ou farináceo, na sua composição (NUSSIO *et al.*, 2001). A digestibilidade ruminal do amido é maior nas cultivares com grãos macios em relação ao grão duro. Porém o processo de ensilagem pode induzir aumento da degradabilidade desses tipos de endosperma (PHILIPPEAU e MICHALET-DOREAU, 1998).

Quanto a sua fisiologia, o milho apresenta metabolismo fotossintético de ciclo C<sub>4</sub>, fator este que gera alta taxa de fotossíntese, devido, principalmente, ao maior aproveitamento da radiação solar (GARCÍA-LARA E SERNASALDIVAR, 2019). Este fator fisiológico faz com que o milho apresente alta produtividade biológica (FANCELLI, 2015).

#### **4.1.2 Importância econômica**

O milho é uma planta originária da América Central e, portanto, possui hábito tipicamente tropical (PATERNIANI E VIÉGAS, 1987). Entretanto, devido à alta variabilidade de genótipos existente, é possível o cultivo do milho em locais com latitudes de 40°S até 58°N (PALIWAL *et al.*, 2000) e altitude podendo variar de zero até 3.800 metros (PATERNIANI, 1995). Esta ampla adaptação à ecossistemas diferentes, que lhe permite que seja cultivado em praticamente todos os continentes (FORNASIERI FILHO, 2007), aliado ao alto potencial produtivo e à multiplicidade de uso, fazem com que o milho seja uma das três maiores culturas produzidas no mundo e o mais importante cereal em termos de produtividade (FAO, 2018).

No cenário mundial, o Brasil aparece em terceiro lugar no *ranking* dos maiores países produtores de milho, atrás dos Estados Unidos, em primeiro, e da China (USDA, 2017). No cenário nacional, o milho é um dos segmentos de maior importância no agronegócio. As regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste são as que se destacam em questão de produção e, no total, a estimativa é de que 16,67 milhões de hectares sejam cultivados na safra nacional de 2018/2019, sendo que desta área, 80% estão nessas regiões citadas. (CONAB, 2018).

Segundo relatório da FAO (2018), em torno de 85% da produção do milho é voltada para produção a animal, sendo este uso feito na forma de produtos diretos ou por meio de coprodutos. No Brasil, estima-se que de 60 a 80% da produção de milho seja voltada para a alimentação animal (DUARTE *et al.*, 2015)

Quanto ao cenário brasileiro de produção de milho voltado para a confecção de silagem, o principal indicador é a aptidão à produção pecuária da região, principalmente quando se refere à pecuária leiteira (CONAB 2018). Neste contexto, as regiões Sul e Sudeste do país aparecem como as maiores produtoras de milho para silagem (CONAB, 2018; PIONEER, 2013), com crescente produção também na região central do Brasil.

#### **4.1.3 Épocas de plantio**

Para que haja condições ideais de crescimento e de desenvolvimento, a planta de milho necessita de condições ambientais e que vão influenciar em todos os seus processos fisiológicos (BLACKLOW, 1972; WESTGATE *et al.*, 2004). Estas condições são a boa disponibilidade hídrica (SHAW, 1977; WESTGATE *et al.*, 2004), os valores de temperaturas ideais (BROWN, 1977; CRUZ *et al.*, 2015) e o fotoperíodo adequado (KINIRY *et al.*, 1983).

O milho possui uma faixa ideal de temperatura média para poder expressar seu máximo potencial, e essa faixa é em torno de 25 a 30° C (HOEFT *et al.*, 2000; FANCELLI, 2015). Entretanto, durante os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, esta apresenta respostas diferentes em relação à variação da temperatura, sendo mais sensível durante a fase do plantio até a emergência, durante a fase de antese e no período de enchimento dos grãos (BROWN, 1977; GARCÍA-LARA E SERNA-SALDIVAR, 2019). A temperatura, juntamente com o fotoperíodo, têm interferência direta no índice de área foliar da planta, que é

fator determinante na interceptação luminosa (KINIRY *et al.*, 1983; MADDONNI E OTEGUI, 1996). Como a fisiologia da planta de milho permite que, em condições ideais, o balanço de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) seja positivo e constante, o incremento na interceptação luminosa pelo dossel vai ser fator de melhoria na capacidade produtiva (MONTEITH, 1977; WESTGATE *et al.*, 2004).

A necessidade hídrica mais acentuada, assim como a temperatura, se dá nas fases de emergência e de florescimento da planta e também durante a fase de acúmulo de amido nos grãos (RIBAUT *et al.*, 2009). A disponibilidade de água vai depender da precipitação ou irrigação, do tipo e textura do solo e também da demanda hídrica atmosférica (SHAW, 1977). Períodos amplos de falta de água para a lavoura podem trazer consequências negativas no vigor vegetativo da planta, nos processos fisiológicos e na produtividade dos grãos (FANCELLI, 2015).

Com isso, a definição do período mais adequado de semeadura da lavoura será aquela que fará com que as etapas de desenvolvimento da planta coincidam com os períodos em que os fatores ambientais estarão favoráveis (ALLEN *et al.*, 2003). O Brasil possui características climáticas favoráveis que permite o cultivo do milho durante dois períodos distintos, dentro de um mesmo ano agrícola (CONAB, 2018). Esses períodos são denominados como sendo a primeira safra (ou safra de verão) e a segunda safra (ou “safrinha”).

A primeira safra é aquela implantada no período mais ideal para a semeadura, que é a época do ano na qual o clima tende a permitir um ambiente mais propício ao desenvolvimento da planta (GARCÍA-LARA E SERNASALDIVAR, 2019). No Brasil, a produção de milho nessa época do ano tem, nos últimos anos, se concentrado mais nas regiões Sudeste e Sul do país e, na grande maioria, sendo destinada a produção de silagem (CONAB, 2018).

A segunda safra é aquela conduzida com uso de semeadura tardia e praticada, normalmente, em sucessão à outra lavoura previamente conduzida na safra de verão (CRUZ *et al.*, 2015). No Brasil, segundo dados da Conab (2018), a segunda safra de milho vem tendo crescente participação no ramo dessa commodity e desde 2011/2012, a safrinha representa a maior participação na produção de grãos de milho, apresentando maiores valores de área plantada e de produtividade do que na primeira safra. Esta mudança é motivada por uma

combinação entre inovações tecnológicas e fatores econômicos, comerciais e sociais (CONAB, 2018).

#### **4.2 Produção de silagem**

No Brasil, os sistemas de produção de rebanhos bovinos, sejam eles de gado de corte ou de leite, são geralmente baseados na adoção de dois sistemas de alimentação, que podem ser independentes ou complementares. Estes sistemas são o uso de pastagens como base da alimentação e/ou o uso de confinamento dos animais com a dieta diária no cocho (JARENTCHUK, 2006; WILKINSON E RINNE, 2017). Em ambos os casos, o uso de silagens é uma alternativa interessante, seja ela para suprir a baixa oferta de forragem em períodos de estacionalidade de produção das pastagens, ou como ingrediente na composição de dietas de rebanhos confinados (DEMINICIS *et al.*, 2009; OLIVEIRA E MILLEN, 2014). Nestes casos, a silagem serve como importante fonte de nutrientes e também como fonte de fibra, o que permite manter a saúde ruminal (WILKINSON E RINNE, 2017).

Existem, diversas culturas agrícolas que podem ser utilizadas para a produção da silagem (BERNARDES, 2012). A escolha da melhor cultura vai depender de diversos fatores, tais como: a dieta dos animais, a infraestrutura e a localização geográfica da propriedade, o treinamento da mão-de-obra e o nível de investimento tecnológico e financeiro aplicados à lavoura (SIQUEIRA E BERNARDES, 2013). Dentre as culturas mais utilizadas, para a produção de silagem, o milho é uma planta que apresenta adequada ensilabilidade (FERRARETTO E SHAVER, 2015). Esta planta possui uma concentração adequada de matéria seca (MS), altas concentrações de carboidratos solúveis e baixo poder tamponante, que favorecem a fermentação adequada da massa (MCDONALD *et al.*, 1991; ALLEN *et al.*, 2003). Além disso, essa cultura possui potencial para alta produção de MS por área e, devido à alta produção de grãos, apresenta elevada concentração de energia por quilograma de MS (PEREIRA *et al.*, 2004).

Apesar de ser bastante encontrada em toda a cadeia produtiva da pecuária, a produção de silagem de milho é mais utilizada como ingrediente nas dietas de rebanhos de bovinos leiteiros do que nas dietas de bovinos de corte (MILLEN *et*

*al.*, 2009; BERNARDES E DO RÊGO, 2014). Este fato ocorre principalmente por causa das diferenças nas exigências nutricionais dos animais (NRC, 2001; VALADARES FILHO *et al.*, 2010), também como devido à problemas de logística da produção quando se tem que alimentar um grande número de animais, como é o caso dos confinamentos de gado de corte, com silagem de milho (PAULINO *et al.*, 2013).

Em um estudo sobre as práticas de produção de silagens em fazendas leiteiras, Bernardes e da Rêgo (2014) mostraram que o milho é a principal cultura destinada à produção de silagem neste ramo da pecuária. O milho foi utilizado por 82,7% dos produtores entrevistados, seguido do sorgo, da cana-de-açúcar e dos capins tropicais. Em relação à alimentação de gado de corte, a silagem de milho também aparece como o alimento volumoso principal mais utilizado por nutricionistas em confinamentos no Brasil (OLIVEIRA E MILLEN, 2014).

O Brasil é um país que é grande produtor e exportador de grãos de milho (CONAB, 2018) e possui um forte comércio de sementes voltados para esta finalidade de produção. Portanto, as pesquisas relativas à otimização da produção e ao melhoramento genético desta cultura são mais voltadas para este propósito de produtividade de grãos, em detrimento ao mercado de produção com finalidade de uso para silagem (MENDES *et al.*, 2008; NEUMANN *et al.*, 2018). Deste modo, as pesquisas referentes à produção de milho visando a sua ensilagem não são numerosas (ROSA *et al.*, 2004), sendo que os poucos dados que temos na literatura são, na sua maioria, obtidos em âmbitos experimentais, por meio de parcelas (PAZIANI *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2011; NEUMANN *et al.*, 2017).

### **4.3 Características agrônômicas do milho para produção de silagem**

A escolha do material genético a ser cultivado para a produção de silagem deve ser uma tomada de decisão acertada, para que os custos de produção do alimento e o desempenho do animal não sejam afetados negativamente (ALLEN *et al.*, 1997). Esse fato de necessidade de conhecimento prévio das cultivares se dá devido as grandes diferenças genotípicas e fenotípicas entre os materiais, que por consequência irão expressar diferentes potenciais (ALLEN *et al.*, 2003; GRALAK *et al.*, 2014).

No Brasil, segundo Pereira Filho e Borghi (2016), mais de 400 cultivares de milho estavam disponíveis no mercado na safra 2016/2017. Nesta mesma publicação, os autores apresentam características de 315 materiais disponíveis e destes, 44,13% são indicados para a produção de silagem. Além destes citados por estes autores, outros materiais, pertencentes a empresas que não enviaram dados ou que não tenham indicação direta para produção de silagem, veem sendo utilizados por diversos produtores (PEREIRA FILHO E BORGHI, 2016). Esse alto número de híbridos disponíveis permite selecionar aquele que seja mais adequado para determinada situação, considerando a influência das práticas de manejo e dos fatores ambientais. (ALMEIDA FILHO *et al.*, 1999).

Nussio e colaboradores (2001) defendem que um híbrido de milho adequado para produção de silagem deve apresentar alta proporção de grãos na forragem, já que é a parte mais digestível da planta (TOLERA *et al.*, 1998) e que essa alta proporção possui correlação com as altas produções de grãos e de MS (PAZIANI *et al.*, 2009). Para este híbrido com características ideais, deve-se buscar também valores adequados de FDN e digestibilidade das partes fibrosas e da planta inteira (OBA E ALLEN, 1999b; PAZIANI *et al.*, 2009). Isto porque os componentes vegetativos da planta, somados a parte fibrosa da espiga (i.e., palha e sabugo), representam 50% ou mais da forragem produzida (TOLERA E SUNDSTOL, 1999; RESTLE *et al.*, 2002).

#### **4.3.1 Produção de biomassa**

A produção de MS é um dos parâmetros mais importantes na escolha do milho para silagem. Investimentos em lavouras de milho são onerosos e por isso, a alta produtividade de MS é fundamental para diluir os custos da produção por tonelada de silagem produzida (PAZINI *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2017). Outro fator referente à produtividade da lavoura é que nas fazendas, principalmente aquelas de pequeno porte, as áreas para a produção de alimentos destinados aos animais podem ser limitadas, necessitando assim eficiência na produção (ALLEN *et al.*, 2003).

No Brasil, a produtividade das áreas de milho, plantadas com intuito de produção de silagem, têm apresentado grandes variações, em condições experimentais, ao longo dos anos. Almeida Filho e colaboradores (1999),

avaliando 9 cultivares de milho no estado de Minas Gerais, encontraram valores de produtividade variando de 10,35 até 12,72 ton MS/ha, realizando os cortes das plantas à 10 cm de altura do solo. Em um outro trabalho, com objetivo de estudar as características agronômicas de híbridos de milho, Pazini *et al.* (2009) utilizaram-se de alguns bancos de dados pertencentes a institutos de pesquisas do estado de São Paulo e referentes às lavouras dos anos agrícolas de 1998/1999 até 2004/2005. Estes autores encontraram variação das produtividades de MS ao longo dos anos e também entre as cidades, sendo que nos primeiros anos foram encontrados valores de 16 a 17 ton MS/ha dependendo da cidade e nos últimos anos da avaliação foram encontrados valores mais altos, mas com grande variação entre os locais. Mais recentemente, em avaliações de híbridos de milho conduzidas na cidade de Lavras, MG, Gusmão e colaboradores (2017, dados não publicados) encontraram valores de produtividade de MS variando de 23,6 a 34,1 ton MS/ha.

Um dos fatores que contribuem para os ganhos nos valores de produtividades alcançados recentemente é a utilização de materiais genéticos mais modernos (BALIEIRO NETO *et al.*, 2011). Estes, além de terem passado por todo processo de seleção genética, tendem, a partir de 2007, com o início da comercialização de milhos geneticamente modificados, a vir acompanhados de tecnologias transgênicas capazes de os tornarem mais resistentes às pragas (SOUZA *et al.*, 2017), fato que lhes conferem maior proteção de seu potencial produtivo.

Além da aptidão genética do material cultivado, a produtividade de MS de uma lavoura também será dependente de outros fatores que agirão sobre às plantas de forma sinérgica ou de forma antagônica (BAL *et al.*, 1997; CUSICANQUI E LAUER, 1999). A escolha de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas onde estas plantas estão sendo cultivadas e a forma como é feito o manejo da cultura se enquadram como os principais fatores que agirão sobre as características das plantas, influenciando no desenvolvimento e na produção das lavouras (ALLEN *et al.*, 2003; MITTELMANN *et al.*, 2005). A respeito do manejo da lavoura, fatores como a escolha da densidade e do arranjo espacial de plantio (COX, 1997; COX *et al.*, 2006), a maturidade das plantas no momento do corte (WIERSMA *et al.*, 1993; CAETANO, 2001) e a altura na qual as plantas

serão cortadas (LAUER, 1998; NEYLON e KUNG, 2003), são chaves para ajustar a produtividade da lavoura.

A produtividade de MS é influenciada tanto pela produtividade dos grãos, quanto pela produtividade da porção vegetativa (ALLEN *et al.*, 2003). Isso faz com que haja uma necessidade de se aperfeiçoar, não só a produção dos grãos, mas também a composição química da parte vegetativa da planta, devido sua grande participação na forragem (COORS, 1996).

#### **4.3.2 Participações dos componentes morfológicos**

Foi-se um tempo em que os produtores buscavam, erroneamente, cultivares que apresentassem alta produtividade de forragem fresca, deixando de lado o fator qualitativo da silagem (NUSSIO, 1991). Com o passar do tempo e aprimoramento genético dos animais, melhoristas da área e produtores passaram a dar importância a qualidade do material ensilado, visando a maior proporção de grão presentes no material a ser escolhido (NUSSIO E MANZANO, 1999; NEUMANN *et al.*, 2014). Atualmente, em sistemas de produção onde há animais de alto potencial genético e até mesmo outras categorias de animais, os produtores tem levado consideração diversos fatores inerentes às plantas (LAUER *et al.*, 2013), tais como as análises da produtividade de MS, da participação dos grãos e dos outros componentes morfológicos na massa de forragem e da qualidade da fibra da porção vegetativa (JOHNSON *et al.*, 1985; NUSSIO e MANZANO, 1999; ZOPOLLATTO, 2007).

Apesar de a produtividade de MS ser um fator importante na escolha do material a ser cultivado, devido aos fatores já citados, o valor nutritivo da silagem também é de grande importância e vai ser influenciado pela composição morfológica das plantas colhidas (ROSA *et al.*, 2004; FERRARI JR *et al.*, 2005; MENDES *et al.*, 2006). O desempenho animal e os custos de produção, que são ferramentas de controle do sistema produtivo, podem ser influenciados diretamente pelas diferenças nas qualidades das cultivares (ALLEN *et al.*, 1997) causadas pelas variações existentes na morfologia das plantas.

Geralmente, os híbridos que se destacam na produção de grãos, são aqueles que são indicados para produção de silagem (GOMES *et al.*, 2004a). Porém,



alguns estudos mostraram não haver correlação direta e significativa entre a porcentagem de grãos e a digestibilidade das plantas (COORS *et al.*, 1994; OLIVEIRA, 1997; NUSSIO *et al.*, 2001). Isso porque a parte fibrosa da planta, principalmente o colmo, representa grande parte da forragem (TOLERA E SUNDSTOL, 1999), necessitando assim de uma análise conjunta entre as proporções de grãos e de porções vegetativas, para se explicar grande parte da digestibilidade da MS da forragem (NUSSIO *et al.* 2001; OWENS, 2008). A maior taxa de degradabilidade dos grãos em relação aos outros componentes, aliado ao fato de ser um alimento de alto valor energético, fazem disso um motivo para visar maior participação de grãos na massa (PEREIRA *et al.*, 2004; GOMES *et al.*, 2004b; LAUER, 2006).

A alta proporção de grão, além de estar atrelada ao fator de qualidade, também é correlacionado, por alguns autores, com a alta produtividade de MS da planta (NUSSIO e MANZANO, 1999; MENDES *et al.*, 2006; PAZIANI *et al.*, 2009). Com o avançar da maturidade da planta após a polinização, o enchimento dos grãos faz com que esta, que anteriormente acumulava MS na parte vegetativa, passe a acumular MS nos grãos, aumentando assim peso da planta, até determinado ponto do desenvolvimento (ALLEN *et al.*, 2003; LAUER *et al.*, 2014).

Em relação à participação dos componentes vegetativos, autores tem demonstrado que alterações na composição química destas frações influenciam mais no valor nutritivo da forragem do que a variação da composição química dos grãos (OBA E ALLEN, 1999a; THOMAS *et al.*, 2001; FERRARETTO E SHAVER, 2015). As folhas apresentam, em relação ao colmo, maior taxa de digestibilidade, menor concentração de fibras e maiores quantidades de carboidratos solúveis e proteína bruta, o que lhe compete melhor valor nutritivo (SCHULTHESS *et al.*, 1995; TOLERA E SUNDSTOL, 1999). Porém, o colmo tem maior representatividade na forragem produzida do que as folhas, o que traz também maiores quantidades de materiais lignificados e por consequência, menores concentrações de nutrientes digestíveis totais (FERREIRA *et al.*, 2011). A chave para a maior ou menor digestibilidade da planta pode estar vinculada as proporções dos tecidos e dos componentes formadores do colmo (FERREIRA *et al.*, 2007). Com o avanço da maturidade da planta, há uma diminuição da quantidade de folhas verdes em relação a representatividade do colmo e também,

espessamento da parede celular nas células destes componentes vegetativos (WILSON, 1993; NUSSIO *et al.*, 2001; ÁLVARES DE BRITO *et al.*, 2002), o que acarreta em maiores quantidades de FDN nas porções fibrosas, mesmo que por efeito de diluição haja redução na percentagem de FDN na planta inteira (LAUER, 2006; OWENS, 2008)

Além do cuidado na proporção de colmo e de folhas, deve-se considerar também a proporção do sabugo e da palha na espiga (NEUMANN *et al.*, 2007), já que essas frações também são formadas por tecidos compostos de células de parede celular de baixa digestibilidade, o que piora a qualidade do material (ZOPOLLATTO *et al.*, 2009). Adicional a isto, a maior participação do sabugo na planta estará atrelada a menor participação dos grãos.

Estratégias de manejos da lavoura e da colheita podem ser utilizadas para o ajuste do fracionamento das partes das plantas na massa de forragem e consequente melhoria do valor nutritivo. A concentração de MS das plantas no momento em que a estas são colhidas é uma forma de controle do valor nutritivo (HUNT *et al.*, 1989; COX e CHERNEY, 2005). Nussio e colaboradores (2001) e Zopollatto (2007) mostram que durante o acúmulo de MS da planta, cresce a participação dos grãos em detrimento ao colmo, aumentando assim a concentração de amido na forragem (LAUER, 2006). A manipulação da altura de corte também pode ser um modo de alteração das proporções das frações da planta, como com o aumento dessa altura, que acarretará maior participação dos componentes espiga e folhas e menor participação do componente colmo (LYNCH *et al.*, 2012).

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 Locais e épocas de coletas dos dados**

Para determinação das regiões nas quais as coletas seriam feitas, levou-se em consideração, principalmente, a aptidão destas localidades para a bovinocultura leiteira e, em alguns casos, propriedades com sistemas de produção de confinamento de bovinos de corte. A escolha desses locais dá-se pelo fato de que, por consequência da produção pecuária, há uma demanda por produção de milho para alimentação dos animais.

Portanto, com base nas informações de produção animal, foram selecionadas as regiões nas quais seriam feitas as coletas dos dados referentes às lavouras de milho destinadas à produção de silagem. A definição de quais lavouras seriam utilizadas para a avaliação se deu por meio de consulta regional, com técnicos e produtores. Foram feitas as escolhas por aquelas que apresentassem pontos de maturidade mais próximos ao ideal (entre 30 e 40% de MS), visando a produção de silagem de planta inteira. Porém, como o momento de avaliação foi definido pela escolha do produtor em fazer a colheita da lavoura, algumas destas áreas foram avaliadas em maturidades abaixo ou acima desses valores ideais.

Essas regiões são pertencentes a quatro, dos seis estados com maiores produções de leite, sendo estes, Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Goiás (IBGE, 2018). Devido a regionalização da produção de milho no Brasil, onde a primeira safra é cultivada de forma mais concentrada nas regiões Sul e Sudeste do país e a segunda safra concentrada no Centro-Oeste (CONAB, 2018), as lavouras no estado do Paraná e Goiás só foram avaliadas durante as primeiras e segundas safras, respectivamente. Quanto as lavouras avaliadas em Minas Gerais e São Paulo, estas foram feitas em ambas as épocas de crescimento da cultura no primeiro ano e somente para a primeira safra do segundo ano. A falta de dados referentes à segunda safra do ano agrícola de 2017/2018, nos estados de Minas Gerais e de São Paulo se deu devido à dificuldade de se encontrar lavouras que não tivessem sido atacadas severamente por pragas, já que neste período houve uma grande infestação destas na maioria das lavouras dessas regiões.

No decorrer dos dois anos agrícolas de avaliações (2016/2017 e 2017/2018), durante as épocas de primeira safra, foram avaliadas um total de 48

lavouras, enquanto que na segunda safra, foram avaliadas o montante de 26 lavouras.

As tabelas 1 e 2 trazem informações do período da primeira e da segunda safra, respectivamente, referentes à quantidade de lavouras, por estados e por cidades, bem como o posicionamento geográfico destes municípios.

Tabela 1. Informações referentes às localidades e às quantidades das lavouras de milho avaliadas durante as primeiras safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018.

Estado	Nº de lavouras	Município	Latitudes	Altitudes (m)	Nº de lavouras
PR	15	Carambeí	24°55'04" S	1020 a 1090	10
		Castro	24°47'28" S	970 a 998	3
		Ponta Grossa	25°16'00" S	900 e 940	2
MG	32	Coqueiral	21°11'22" S	810 e 850	2
		Ibituruna	21°09'09" S	930	1
		Ijací	21°10'12" S	842 a 859	4
		Itumirim	21°19'01" S	890 a 990	7
		Itutinga	21°17'33" S	980	2
		Lavras	21°14'33" S	920 e 970	2
		Luminárias	21°30'40" S	950	1
		Nazareno	21°12'59" S	1030	6
		Passos	20°37'46" S	692 a 735	3
		Perdões	21°05'27" S	890 e 920	2
		Três pontas	21°22'00" S	900	2
SP	1	Descalvado	21°54'14" S	790	1

Tabela 2. Informações referentes às localidades e às quantidades das lavouras de milho avaliadas durante as segundas safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018.

Estado	Nº de lavouras	Município	Latitudes	Altitudes (m)	Nº de lavouras
MG	9	Carmo de Minas	22°07'20" S	885 a 960	3
		Ijací	21°10'12" S	859	1
		Itumirim	21°19'01" S	965	1
		Nazareno	21°12'59" S	1030	1
		Planura	20°08'16" S	480 e 490	3
SP	2	Araras	22°17'09" S	710	2
GO	15	Montividiu	17°30'43" S	442	1
		S <sup>ta</sup> Helena de Goiás	17°48'49" S	550 a 630	5
		Rio Verde	17°47'56" S	442 a 500	6
		Jataí	17°52'53" S	805 e 880	3

## 5.2 Avaliações das lavouras e das plantas

Após a definição de quais seriam as lavouras de milho avaliadas, eram feitas as visitas nas propriedades para a coleta dos dados. Cada talhão da propriedade que estivesse cultivado com um único híbrido, foram tomadas informações referentes ao manejo da cultura no campo. Estas informações são quanto ao cultivar semeado na área, ao manejo de fertilização da semente e da fertilização de cobertura, além de dados sobre as formas de controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas.

Para o reconhecimento da área onde estava incluída a lavoura foi utilizado um drone (*Spark Fly*, DJI) para tomadas de imagens aéreas. A partir daí, foram selecionados, dentro da área cultivada e levando em consideração a bordadura, quatro locais representativos e que estivessem afastados entre si (Figura 1) e em cada um destes quatro locais foram feitas as avaliações das plantas.



Figura 1. Imagem representativa dos 4 pontos de amostragem nas lavouras avaliadas

Para cada um dos quatro locais da lavoura, primeiramente foram feitas as medições do espaçamento médio entre as linhas de plantio. Após a tomada dessa medida, foi selecionada uma faixa de 3 metros lineares, dentro de uma das linhas de plantio, a partir de onde as plantas foram cortadas à 25 cm em relação ao nível do solo. A partir deste corte foram coletados uma série de dados relativos às plantas e à lavoura. O corte das plantas foi feito utilizando-se tesouras de poda e auxílio de um molde marcador da altura correta de 25 cm do solo. Segundo Martin

e colaboradores (2005), a variabilidade de produtividade por planta diminui com o aumento do comprimento da linha de plantio avaliada, sendo que erro amostral obtido a partir de um tamanho amostral de 0,5 m já é considerado suficiente e diminui com o aumento do comprimento da linha avaliada, até certo ponto. Isso porque quando se avalia um grande número de plantas cortadas, a subamostragem pode ser dificultada, alterando assim as características da população (CHERNEY *et al.*, 1996), principalmente quando o há avaliação da planta para a alimentação de ruminantes (AUFRERE *et al.*, 1992)

As plantas cortadas, dentro dos 3 metros lineares, foram contabilizadas e, juntamente com o valor do espaçamento entre as linhas de plantio, utilizadas para o cálculo da população de plantas por hectare (plantas/ha), além de também serem usadas para o cálculo de número de plantas por metro linear. Foi também tomado o peso do feixe com essas plantas cortadas, utilizando-se um dinamômetro digital de tração e compressão (modelo HDI-2100; HOMIS BRASIL). Estes valores foram utilizados nos cálculos de estimativa da produtividade de forragem fresca (PFF) e, após secagem e determinação da concentração de MS, estimativa também da produtividade de MS (PMS) e produtividade corrigida para 35% de MS (PMSc; COX *et al.*, 1998). Para esta correção da produtividade em função da concentração de MS foram utilizadas duas funções geradas a partir dos dados de PMS e de percentagem de MS do próprio trabalho, sendo uma função de regressão para a primeira safra e outra para a segunda safra. As equações referentes aos cálculos destas variáveis, bem como das próximas que serão descritas, estão apresentadas na Tabela 3.

Após a pesagem do feixe, foram tomadas medidas individuais das plantas. Foram contabilizadas o número de folhas verdes, sendo consideradas aquelas cuja área foliar viva fosse maior do que 50% da folha (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996) e mensuradas as variáveis de altura da planta, altura de inserção da espiga e espessura média do colmo (COX *et al.*, 1998; LIU *et al.*, 2004; BOOMSMA *et al.*, 2010). Para a altura de planta, foi utilizada a medida do ponto de onde foi feito o corte até a lígula da última folha expandida do topo (RITCHIE *et al.*, 1993), enquanto para a altura de inserção da espiga, utilizada a medida do ponto de onde foi feito o corte até o nó onde estava inserida a espiga. Foram somados aos valores das alturas medidas, 25 cm referentes à altura na qual foi feito o corte da planta. A espessura média do colmo foi calculada por meio da média aritmética entre uma

medida do diâmetro do colmo no local onde foi feito o corte e outra medida logo abaixo do nó onde estava inserida a espiga. A medição das espessuras do colmo foi feita utilizando-se do auxílio de um paquímetro (modelo mecânico W235; WESTERN).

Tabela 3. Equações para os cálculos das variáveis analisadas

Variáveis calculadas	Equações
Nº metros lineares na lavoura (NmL)	$NmL = 10.000 / \text{Espaçamento}$
População de plantas (Stand; plantas/ha)	$Stand = (NmL / 3) \times \text{Nº plantas coletadas}$
Plantas por metro (P/m)	$P/m = Stand / NmL$
Produtividade de FF (PFF; ton/ha)	$PFF = (NmL / 3) \times \text{Peso plantas coletadas}$
Produtividade de MS (PMS; ton/ha)	$PMS = PFF \times \%MS$
PMS corrigida <sup>35%MS</sup> (Primeira safra; ton/ha)	$PMS_c = 0,2766 \times (35 - \%MS_{\text{encontrada}}) + PMS$
PMS corrigida <sup>35%MS</sup> (Segunda safra; ton/ha)	$PMS_c = 0,0803 \times (35 - \%MS_{\text{encontrada}}) + PMS$
Peso seco da planta (P <sub>planta</sub> ; kg MS)	$P_{\text{planta}} = PMS / Stand$
Proporção componentes na planta (PropP; %)	$PropP = (P_{\text{componente}} / P_{\text{planta}}) \times 100$
Produtividade grãos (PG; ton/ha)	$PG = P_{\text{grãos}} \times Stand$
Produtividade porção vegetativa (PV; ton/ha)	$PV = (P_{\text{folhas}} + P_{\text{colmo}}) \times Stand$
Proporção componentes na espiga (PropE; %)	$PropE = (P_{\text{componente}} / P_{\text{espiga}}) \times 100$
Nº de grãos por espiga (NG)	$NG = \text{Nº grãos/fileira} \times \text{Nº fileiras}$
Diâmetro médio espiga (dE; cm)	$dE = (d_{\text{base}} + d_{\text{meio}} + d_{\text{ápice}}) / 3$
Diâmetro médio sabugo (dS; cm)	$dS = (d_{\text{base}} + d_{\text{meio}} + d_{\text{ápice}}) / 3$
Comprimento médio dos grãos (cG; cm)	$cG = (dE - dS) / 2$

Logo após essas medidas, estas plantas passaram por um processo de separação morfológica de seus componentes estruturais. Esta separação foi feita a fim de se determinar os pesos e as proporção das partes vegetativas e das partes reprodutivas nas plantas. Estas plantas foram separadas em folhas (constituídas pela bainha mais a lâmina foliar), colmo, material morto e espiga e cada parte foi pesada separadamente. As espigas foram despalhadas e os grãos foram separados do sabugo para a determinação dos pesos e das proporções de grãos, palha e sabugo. Portanto, foram mensuradas as variáveis de pesos e de proporções de folhas, de colmo, de espiga, de palha, de grãos e de sabugo por planta (VERBIC *et al.*, 1995). A partir dos valores médios dos pesos dos grãos, das folhas e do

colmo em cada planta, foram estimadas as produtividades, em toneladas de MS por hectare, de grãos e da porção vegetativa total (folhas + colmo; COX *et al.*, 1998). No caso de palha, grãos e sabugo, foram calculadas as proporções destes componentes também na espiga. Todas essas variáveis de pesos e de proporções foram calculadas com base na concentração de MS de cada componente.

Das espigas coletadas, duas delas foram preservadas da separação morfológica para que fosse possível fazer a contagem do número de fileiras de grãos, do número de grãos em cada fileira e assim determinar o número médio de grãos por espiga (NIELSEN, 2007). Além dessa contagem de grãos, essas espigas também foram medidas quanto ao comprimento, diâmetro médio da espiga (sem a palha), diâmetro médio do sabugo e tamanho médio dos grãos. Os diâmetros médios da espiga e do sabugo foram obtidos por meio da média aritmética entre os diâmetros da base, da parte mediana e do ápice desses componentes. O comprimento dos grãos foi calculado pela diferença entre os diâmetros médios da espiga e do sabugo, dividido por dois (MEGHJI *et al.*, 1984).

A amostragem referente à planta inteira foi feita a partir da retirada de uma amostra de forragem picada pela colhedora no momento em que estava ocorrendo a colheita da lavoura para ensilagem na propriedade.

As amostras de planta inteira, juntamente com as amostras dos componentes morfológicos separados, foram subamostradas, pesadas novamente e levadas, em duplicata, para estufa de ventilação forçada, a 60° C, até atingir o peso constante para a determinação da concentração de MS (AOAC, 1990).

### **5.3 Análises estatísticas**

As avaliações foram realizadas para a primeira safra e a segunda safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, separadamente. Desse modo, cada safra teve os dados sumarizados de dois anos agrícolas.

O valor médio, a moda, valores máximo e mínimo, o desvio padrão e o intervalo de confiança com alfa de 0,05 foram determinados para as variáveis que estão apresentadas na Tabela 4, juntamente com as abreviações referentes. Para estas análises foi utilizado o procedimento PROC MEANS do *software* SAS 9.1 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2004).



Foi utilizada a análise de agrupamento hierárquico (*cluster*), por meio do método de *Ward* (WARD, 1963), utilizando o *software* STATISTICA 10 (STATSOFT, 2011). Esta análise foi feita com intuito de se agrupar as lavouras avaliadas quanto às produtividades de grãos e de porção vegetativa.

Tabela 4. Nomes e abreviações das variáveis analisadas descritivamente

Variáveis	Abreviação	Variáveis	Abreviação
Concentração de MS	%MS	Peso médio das folhas	pF
Produtividade de MS	PMS	Peso médio do colmo	pC
Produtividade de MS corrigida	PMS <sub>c</sub>	Proporção de espiga	%E
Produtividade forragem fresca	PPF	Proporção de grãos na planta	%G <sub>p</sub>
Produtividade de grãos	PrG	Proporção de grãos na espiga	%G <sub>e</sub>
Produtividade porção vegetativa	PrV	Proporção de folhas	%F
População de plantas	Stand	Proporção de colmo	%C
Espaçamento entre linhas	Esp	Proporção de palha+sabugo na planta	%P+S
Nº de plantas por metro linear	NPM	Proporção de palha na espiga	%P <sub>e</sub>
Altura de planta	AP	Proporção de sabugo na espiga	%S <sub>e</sub>
Altura da espiga	AE	Comprimento de espiga	cE
Espessura média do colmo	EC	Diâmetro da espiga	dE
Nº de folhas verdes	nFV	Comprimento dos grãos	cG
Peso médio de uma planta	pP	Nº de grãos por espiga	NG
Peso médio da espiga	pE	Nº de fileiras por espiga	NF
Peso médio dos grãos	pG	Nº de grãos por fileira	NGF

Após o agrupamento e identificação dos grupos de lavouras, foi feita a análise de componentes principais. Para isto, foi utilizado também o *software* STATISTICA 10 (STATSOFT, 2011). Esta análise foi feita a fim de se entender como as lavouras de cada grupo (alta, média ou baixa produtividade) encontrado se apresentavam em relação às variáveis de produtividade de MS e de características agronômicas, sendo que estas foram: a espessura do colmo, a proporção de colmo na planta, a altura de planta, a proporção de grãos na espiga, a proporção de grãos na planta, o número de grãos por espiga, o comprimento dos grãos, o comprimento de espiga, a concentração de MS, a proporção de espiga na planta, o espaçamento entre linhas de plantio e a proporção de folhas na planta.

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Primeira safra**

#### **6.1.1 Resultados descritivos**

Ao longo dos dois anos de avaliação, nos períodos de primeira safra foram visitadas um total de 48 lavouras em 3 estados, sendo estes Minas Gerais, Paraná e São Paulo. Dentre o total de lavouras avaliadas, foram encontrados 32 híbridos de milho diferentes, sendo estes materiais genéticos pertencentes à 12 empresas de sementes. Dez cultivares foram avaliadas em 2 ou mais lavouras. Do total de 32 híbridos, 27 deles eram híbridos simples, 1 era híbrido duplo, 3 eram híbridos triplos e 1 era híbrido simples modificado. Quanto ao ciclo dos materiais, os híbridos de ciclos normal, semiprecoce e hiperprecoce foram avaliados em apenas 1 lavoura para cada ciclo. Dos demais cultivares restantes, 23 destas possuíam ciclo precoce e 6 possuíam ciclo superprecoce. Todos os híbridos avaliados durante a safra de verão possuíam tecnologia transgênica de proteção contra pragas e herbicidas.

Os resultados descritivos da época de primeira safra, referentes as variáveis das lavouras avaliadas, estão apresentados na Tabelas 5.

Com relação a concentração de MS das plantas colhidas nas 48 lavouras destas áreas cultivadas, 29,2% delas estavam com a concentração de MS entre 30 e 35% e 47,9% estavam com essa concentração entre 35 e 40%. Dentre todas as lavouras, 8 delas estavam com a concentração de MS superior a 40% e apenas 3 estavam com concentração inferior a 30%.

Considerando o intervalo, entre a menor e a maior PMS encontrada, metade das lavouras avaliadas produziram entre 16,2 até 25,1 ton MS/ha, 45,8% delas ficaram entre 25,1 e 34,1 ton MS/ha e duas áreas tiveram produtividades acima de 34,1 ton/ha. A PMS<sub>c</sub> que teve a média de 25,1 ton MS/ha, valor próximo ao encontrado para a PMS antes da correção a concentração de MS. Dentre as lavouras avaliadas, 58,3% das lavouras tiveram PMS<sub>c</sub> variando de 23,0 até 31,5 ton MS/ha. A PFF encontrada foi em média 70,4 ton FF/ha, sendo que apenas 2 lavouras tiveram PFF inferior a 50,0 ton FF/ha e 10 tiveram produtividades

superiores a 80,0 ton FF/ha, totalizando 75% das lavouras com PFF variando entre 50 e 80 ton FF/ha.

No que diz respeito a produção de matéria seca dos componentes da planta, na média de geral das lavouras avaliadas, as produtividades, de grãos e da porção vegetativa, foram de 10,8 e 9,30 ton MS/ha, respectivamente. Foi possível observar que 52% das lavouras apresentaram produtividade de grãos entre 10,45 e 15,53 ton/ha e que 47% apresentaram produtividade inferior a 10,45 ton/ha. Quanto a produtividade da porção vegetativa, 60% das lavouras tiveram seus resultados variando entre 8,93 e 12,79 ton/ha e 35% apresentaram resultados inferiores a 8,93 ton/ha.

Tabela 5. Características das lavouras de milho cultivadas para a produção de silagem em quatro estados brasileiros durante as primeiras safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e de 2017/2018.

	Média	Moda	DP <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	
						Inf <sup>5</sup>	Sup <sup>6</sup>
MS das plantas (%)	36,7	-	5,21	51,3	28,3	35,2	38,2
Produtividades da lavoura:							
PMS <sup>7</sup> (ton MS/ha)	25,6	-	5,05	43,0	16,2	24,1	27,0
PMS <sub>c</sub> <sup>8</sup> (ton MS/ha)	25,1	-	4,84	40,0	14,5	23,7	26,5
PFF <sup>9</sup> (ton FF/ha)	70,4	-	13,6	105,5	36,9	66,6	74,3
PrG <sup>10</sup> (ton MS/ha)	10,8	-	2,66	20,6	5,37	10,1	11,6
PrV <sup>11</sup> (ton MS/ha)	9,30	-	2,26	16,7	5,08	8,66	9,94
Arranjo da lavoura:							
Stand (mil plantas/ha)	75,4	75,0	9,70	100,0	57,4	71,6	77,1
Nº plantas/m linear	4,40	4,00	0,90	7,10	2,60	4,20	4,70
Espaçamento entre linhas (m)	0,60	0,60	0,13	0,90	0,45	0,56	0,64

<sup>1</sup> – DP: desvio padrão; <sup>2</sup> – Max: valor máximo encontrado; <sup>3</sup> – Min: valor mínimo encontrado; <sup>4</sup> – IC: intervalo de confiança; <sup>5</sup> – Inf: valor mínimo do intervalo de confiança; <sup>6</sup> – Sup: valor máximo do intervalo de confiança; <sup>7</sup> – PMS: produtividade de MS; <sup>8</sup> – PMS<sub>c</sub>: produtividade de MS corrigida para 35%MS; <sup>9</sup> – PFF: produtividade de forragem fresca; <sup>10</sup> – PrG: produtividade de grãos; <sup>11</sup> – PrV: produtividade da porção vegetativa

Em relação às características de arranjo das plantas nas lavouras, dentre as lavouras avaliadas, 73% destas tiveram a população variando entre 60 e 80 mil plantas em cada hectare da lavoura, já as demais lavouras, 11 delas tinham populações superiores e 2 tinham populações inferiores a esse intervalo. Os espaçamentos entre as linhas de plantio mais adotados nas lavouras foram de 0,6 m (29,2% das lavouras), 0,5 m (20,8%) e 0,80 m (18,8%). A média encontrada do

número de plantas por metro da lavoura foi de 4,4 plantas/m linear, sendo que 73% das lavouras tinha entre 3,5 e 5,3 plantas/m linear.

No tocante às características das plantas das lavouras, os resultados descritivos da primeira safra estão apresentados na Tabela 6.

Quanto à altura das plantas, 58% das lavouras apresentaram plantas com altura superior a 2,50 m, sendo que destas lavouras, 11 tinha altura superior a 2,80 m. Apenas 4 lavouras tinham plantas menores do que 2 m de altura. Em relação à altura da inserção da espiga, em 93% das lavouras esta altura da inserção da espiga estava localizada entre 40 e 60% da altura da planta, ou seja, inseridas na metade da altura da planta ou parte mediana da planta. A espessura média do colmo foi de 2,1 cm e, das lavouras avaliadas, dois terços tinham plantas com espessuras iguais ou maiores que a média encontrada. O número de folhas verdes variou de em média 5,5 até em média de 12,4 folhas verdes por plantas e 60% das lavouras tinham plantas com mais de 10 folhas verdes.

Tabela 6. Características das plantas de milho cultivadas para a produção de silagem em quatro estados brasileiros durante as primeiras safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e de 2017/2018.

	Média	Moda	DP <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	
						Inf <sup>5</sup>	Sup <sup>6</sup>
Características da planta:							
Altura de planta (m)	2,52	-	0,34	3,18	1,62	2,42	2,61
Altura da espiga (m)	1,37	1,05	0,25	1,93	0,68	1,29	1,44
Espessura média colmo (cm)	2,10	1,95	0,10	2,40	1,60	2,10	2,10
Número de folhas verdes	10,3	11,0	1,20	12,4	5,50	10,0	10,7
Pesos (kg MS):							
Planta	0,36	-	0,05	0,46	0,25	0,35	0,38
Espiga	0,22	-	0,04	0,32	0,12	0,21	0,23
Folhas	0,06	-	0,01	0,10	0,04	0,06	0,07
Colmo	0,07	-	0,02	0,12	0,03	0,06	0,08
Grãos	0,15	-	0,03	0,24	0,08	0,14	0,16
Proporção componentes (%):							
Espiga	61,2	-	5,29	72,4	49,4	59,7	62,7
Folhas	17,4	-	3,83	29,8	8,52	16,3	18,5
Colmo	19,0	-	4,00	26,6	10,1	17,9	20,1
Grãos na planta	42,3	-	5,22	52,6	31,2	40,8	43,8
Palhas + Sabugo	18,9	-	3,05	23,8	10,2	18,1	19,8

<sup>1</sup> – DP: desvio padrão; <sup>2</sup> – Max: valor máximo encontrado; <sup>3</sup> – Min: valor mínimo encontrado; <sup>4</sup> – IC: intervalo de confiança; <sup>5</sup> – Inf: valor mínimo do intervalo de confiança; <sup>6</sup> – Sup: valor máximo do intervalo de confiança.

Com relação ao peso seco de uma planta, 67% das lavouras apresentaram plantas com peso entre 0,30 e 0,40 kg e 21% apresentaram valores superiores a este intervalo. O peso das espigas variou de 0,12 a 0,32 kg. Foi possível observar que tiveram 7 lavouras com plantas tendo espigas mais pesadas do que uma planta inteira de lavouras de baixa produção. O peso dos grãos por planta variou de 0,08 a 0,24 kg e em relação a esta característica, 65% das lavouras tiveram plantas com peso de grãos entre 0,13 e 0,19 kg. A maioria das lavouras (54%) tinham plantas com peso de folhas entre 0,06 e 0,08 kg e 35% das 48 lavouras tinha pesos de folhas inferiores a 0,06 kg por planta. Quanto a peso do colmo em cada planta, 27% das lavouras apresentaram este peso entre 0,03 e 0,06 kg, 52% ficaram entre 0,06 e 0,09 kg e as demais apresentaram valores superiores a 0,09 kg.

Com relação às proporções dos componentes morfológicos da planta, dentre as lavouras avaliadas, 72,9% tinham a proporção de folhas variando entre 14 e 19% do total da planta. A quantidade de lavouras com mais de 40% de grãos nas plantas foi de 31 das 48 que foram avaliadas (65%). Dentre todas as áreas cultivadas, 52,1% delas apresentaram plantas que tinham valores de proporções de colmo inferiores à 20%. Vinte e sete, dentre as 48 lavouras avaliadas, o que corresponde a 56,3% destas, tiveram a proporção de palhas + sabugo inferiores a 20% do total da planta.

Os resultados descritivos da época de primeira safra, referentes as variáveis das espigas avaliadas, estão apresentados na Tabelas 7.

Os resultados referentes às características das espigas mostram que 67% das lavouras tiveram espigas com 60 a 70% de grãos e as demais lavouras tiveram proporções superiores a este intervalo. Uma grande parte das lavouras, 87,5%, apresentaram, na composição da espiga, uma participação de 25% ou mais de sabugo e palha. A maioria das espigas, 62,5%, tiveram suas medias entre 15,7 e 18,6 cm. Quanto ao diâmetro médio da espiga, 25% das lavouras possuíam espigas com diâmetro inferior a 4,00 cm e 35% possuíam espigas com diâmetro superior a 4,40 cm.

Quanto ao comprimento médio dos grãos, 56% das lavouras tiveram grãos variando entre 0,69 e 0,84 cm de comprimento e 29% apresentaram valores superiores a 0,84 cm. Com relação à quantidade numérica desses grãos na espiga, dentre as lavouras avaliadas, 75% apresentaram 16 ou 18 fileiras de grãos e 79,2% apresentaram de 30 a 40 grãos em cada fileira da espiga. Apenas 8 delas tiveram

plantas com espigas com menos de 500 grãos, enquanto apenas uma apresentou plantas com mais de 800 grãos por espiga, ou seja, 81,3% das lavouras possuíram plantas que produziram de 500 a 800 grãos.

Tabela 7. Características das espigas de milho cultivadas para a produção de silagem em quatro estados brasileiros durante as primeiras safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e de 2017/2018.

	Média	Moda	DP <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	
						Inf <sup>5</sup>	Sup <sup>6</sup>
Características da espiga:							
Proporções (%)							
Grãos na espiga	69,0	-	4,87	82,4	61,3	67,6	70,4
Sabugo na espiga	15,2	-	2,59	22,1	9,40	14,5	16,0
Palha na espiga	15,8	-	3,81	21,6	7,55	14,7	16,9
Comprimento da espiga (cm)	17,0	16,3	1,67	21,5	12,8	16,6	17,5
Diâmetro da espiga (cm)	4,30	4,00	0,30	4,80	3,70	4,20	4,40
Comprimento dos grãos (cm)	0,78	0,58	0,11	0,98	0,54	0,75	0,81
Número de grãos por fileira	35	39	4	48	25	34	37
Número de fileiras	16	16	2	20	12	16	17
Número de grãos por espiga	572	612	92	816	406	546	598

<sup>1</sup> – DP: desvio padrão; <sup>2</sup> – Max: valor máximo encontrado; <sup>3</sup> – Min: valor mínimo encontrado; <sup>4</sup> – IC: intervalo de confiança; <sup>5</sup> – Inf: valor mínimo do intervalo de confiança; <sup>6</sup> – Sup: valor máximo do intervalo de confiança.

### 6.1.2 Resultados de agrupamentos hierárquicos

A partir do agrupamento hierárquico das lavouras, foi possível a obtenção de três grupos distintos, com baixas, médias e altas produtividades, tanto para a porção dos grãos (Figura 2), quanto para a porção vegetativa (Figura 3).

As lavouras que ficaram alocadas no grupo 1 (G1) das produtividades de grãos, foram aquelas que apresentaram os maiores valores para essa característica avaliada, ficando as lavouras com produção média no grupo 2 (G2) e as com produção baixa no grupo 3 (G3). Da mesma forma foi possível encontrar esse mesmo agrupamento para as produtividades da porção vegetativa.

Entre as 48 lavouras avaliadas, oito ficaram no G1 de ambas as características, mostrando-se lavouras com alto potencial de produção de MS. Outras 4 lavouras ficaram no G2 tanto em produtividade de grãos quanto em produtividade da porção vegetativa. Apenas 2 lavouras tiveram baixas produtividades nos dois casos, ficando no G3 nos dois agrupamentos. As demais

32 lavouras tiveram comportamentos diferentes no tocante às produtividades dos componentes, apresentando-se em grupos diferentes.

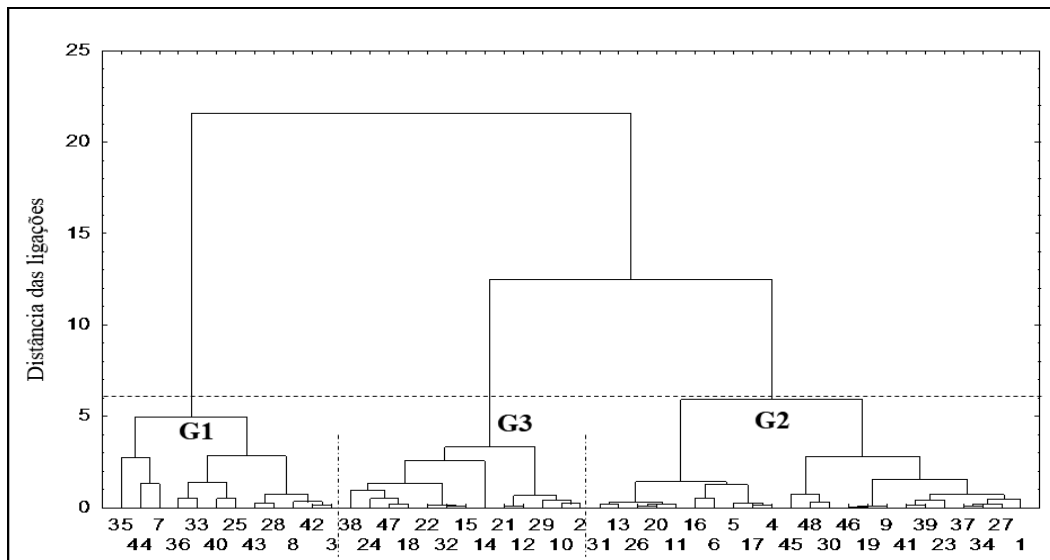


Figura 1. Análise de agrupamento hierárquico de *Ward* para a produtividade de grãos em lavouras de milho cultivadas para produção de silagem, durante a primeira safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. A linha pontilhada indica o ponto de corte. G1: alta produtividade de grãos; G2: média produtividade de grãos e G3: baixa produtividade de grãos

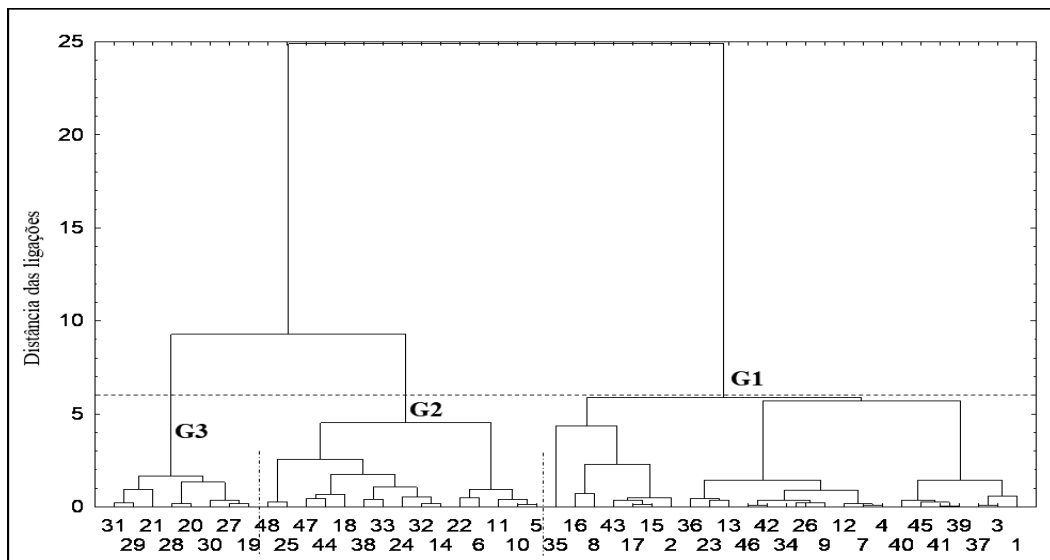


Figura 3. Análise de agrupamento hierárquico de *Ward* para a produtividade da porção vegetativa em lavouras de milho cultivadas para produção de silagem, durante a primeira safra dos anos agrícola de 2016/2017 e 2017/2018. A linha pontilhada indica o ponto de corte. G1: alta produtividade da porção vegetativa; G2: média produtividade da porção vegetativa e G3: baixa produtividade da porção vegetativa

### 6.1.3 Resultados de análise de componentes principais

A análise dos componentes principais para as variáveis de produtividade de MS e de características agrônômicas está apresentada na Figura 4. Na Figura 5 e Figura 6 são apresentadas a distribuição gráfica das lavouras, de acordo com os componentes principais encontrados, e separadas entre os grupos obtidos durante a análise de agrupamento hierárquico. A proporção acumulada de autovalores da matriz de correlações dos componentes principais 1 e 2 foi de 49,31%.

Em relação às lavouras com maiores valores de produtividade de grãos, foi possível observar por meio do gráfico que estas se apresentaram, na sua maioria, relacionadas às características de produtividade de MS (PMS), de comprimento de espiga (cE), de *stand* de plantas, de comprimento dos grãos (cG), de concentração de MS, bem como de proporções de espiga (%E), de grãos na planta (%Gp) e de grãos na espiga (%Ge) (Figura 5).

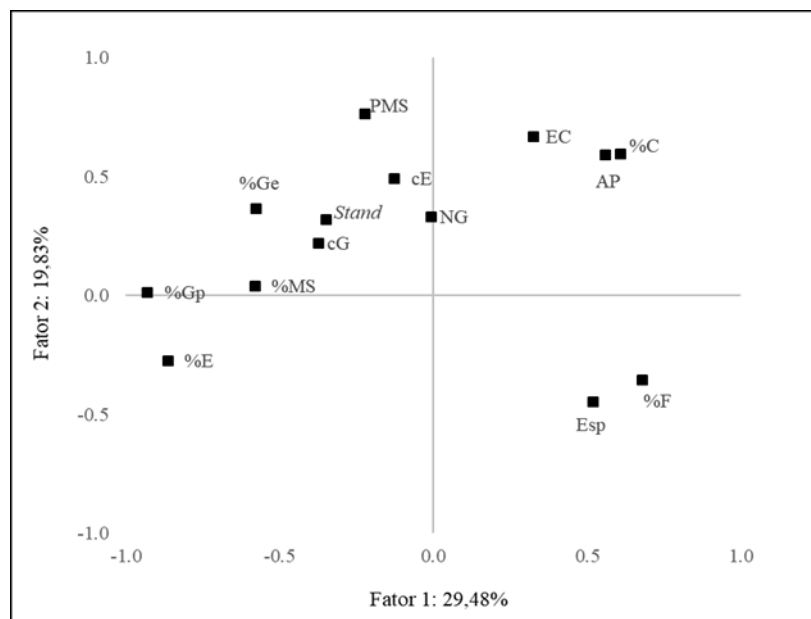


Figura 4. Análise de componentes principais para as variáveis de produtividade de MS e de características agrônômicas, durante a primeira safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. PMS: produtividade de MS; EC: espessura do colmo; %C: proporção de colmo na planta; cE: comprimento de espiga; AP: altura de planta; %Ge: proporção de grãos na espiga; NG: número de grãos por espiga; cG: comprimento dos grãos; %Gp: proporção de grãos na planta; %MS: concentração de MS; %E: proporção de espiga na planta; ESP: espaçamento entre linhas de plantio; %F: proporção de folhas na planta.

No que diz respeito à produtividade da porção vegetativa, as lavouras que se apresentaram no G1 da análise de agrupamento estavam, de acordo com análise



de componentes principais, mais relacionadas as características de espessura de colmo (EC), de altura de planta (AP), de proporção de colmo (%C) e, assim como para a produtividade de grãos, também relacionada a produtividade de MS (Figura 6).

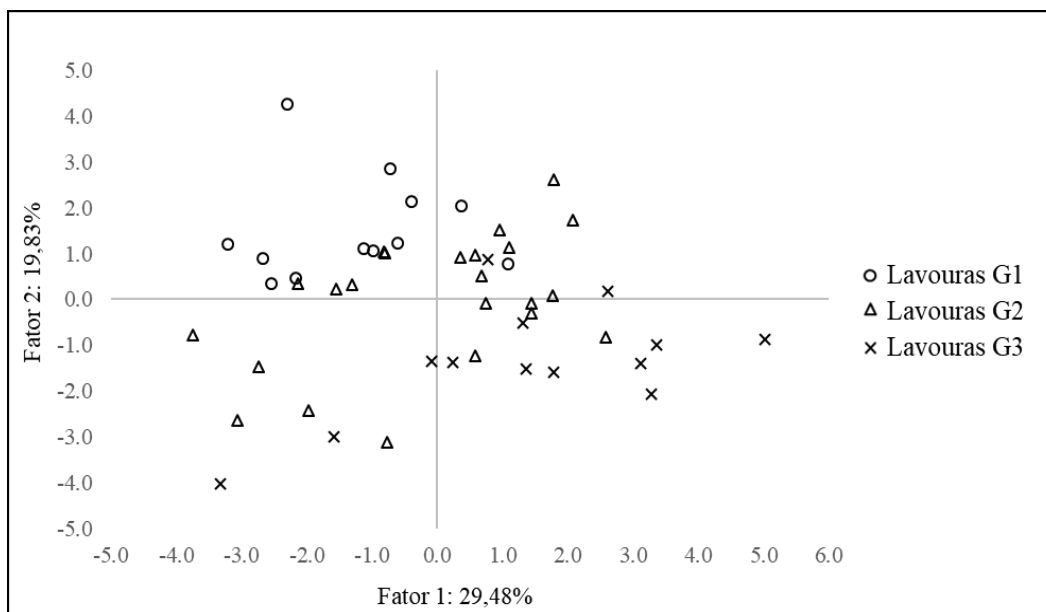


Figura 5. Análise de componentes principais para as lavouras avaliadas durante a primeira safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, de acordo com o agrupamento das produtividades de grãos.

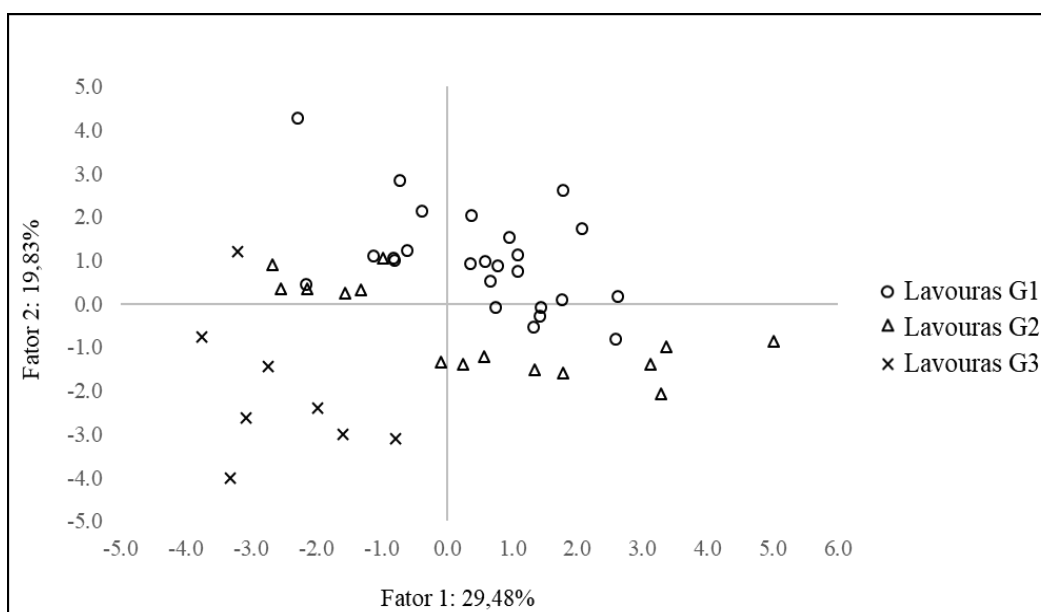


Figura 6. Análise de componentes principais para as lavouras avaliadas durante a primeira safra dos anos agrícola de 2016/2017 e 2017/2018, de acordo com o agrupamento das produtividades de da porção vegetativa.

## 6.2 Segunda safra

### 6.2.1 Resultados descritivos

Assim como foi feito para a época de primeira safra, ao longo dos dois anos de avaliação foram visitados três estados para as avaliações, sendo estes Goiás, Minas Gerais e São Paulo. No total foram avaliadas 26 lavouras nesse período de segunda safra. Dentre estas lavouras avaliadas, foram encontrados 21 híbridos de milho diferentes, sendo estes materiais genéticos pertencentes à 11 empresas de sementes. Três cultivares foram avaliadas em 2 lavouras e uma cultivar foi avaliada em 3 lavouras. Do total de 21 híbridos, 18 deles eram híbridos simples, 1 era híbrido triplo e 2 eram híbridos simples modificados. Quanto ao ciclo dos materiais, 18 híbridos possuíam ciclo precoce, 2 possuíam ciclo superprecoce e 1 possuía ciclo semiprecoce. Durante esse período da segunda safra, 2 híbridos avaliados eram convencionais, ou seja, sem adoção de tecnologia transgênica. Dentre os outros 19 materiais, todos possuíam algum tipo de transgenia embutida.

Os resultados descritivos da época de segunda safra, referentes as variáveis das lavouras avaliadas, estão apresentados na Tabelas 8.

Com relação a concentração de MS das plantas colhidas nas 26 áreas, destas lavouras, 42,3% delas estavam com a concentração de MS entre 30 e 35% e 26,9% estavam com essa concentração entre 35 e 40%. Dentre as lavouras, apenas uma estava com a concentração de MS superior a 40% e 7 estavam com concentração inferior a 30%.

Dentro do intervalo, entre a menor e a maior PMS encontrada, 30,8% das lavouras avaliadas produziram entre 12,7 até 16,5 ton MS/ha, outras 30,8% delas ficaram com produção entre 20,3 e 23,4 ton MS/ha e 38,5% destas áreas tiveram produtividades intermediárias à 16,5 e 20,3 ton/ha. A PMSc teve a média de 18,3 ton MS/ha, valor próximo ao encontrado para a PMS antes da correção a concentração de MS. Os valores dos resultados corrigidos de produtividade das lavouras, dentro do intervalo encontrado, dispersaram-se bem uniformemente, com 30,8% das lavouras produzindo entre 12,7 e 16,5 ton MS/ha, 34,6% entre 16,5 e 20,3 ton MS/ha e 34,6% entre 20,3 e 23,9 ton MS/ha. A PFF encontrada foi em média 55,9 ton FF/ha, variando de 36,7 até 80,3 ton FF/ha.

No que diz respeito a produção de matéria seca dos componentes da planta, na média de geral das lavouras avaliadas, as produtividades, de grãos (PrG) e da porção vegetativa (PrV), foram de 6,69 e 6,88 ton MS/ha, respectivamente. Foi possível observar que 38% das lavouras apresentaram produtividade de grãos entre 3,66 e 6,06 ton/ha e outras 38% apresentaram produtividade entre 6,06 e 8,46 ton/ha. Quanto a produtividade da porção vegetativa, 34% das lavouras tiveram seus resultados variando entre 6,30 e 8,63 ton/ha e 46% apresentaram resultados inferiores a 6,30 ton/ha.

Tabela 8. Características das lavouras de milho cultivadas para a produção de silagem em quatro estados brasileiros durante as segundas safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e de 2017/2018.

	Média	Moda	DP <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	
						Inf <sup>5</sup>	Sup <sup>6</sup>
MS das plantas (%)	33,0	-	4,90	46,1	25,4	31,1	34,8
Produtividades da lavoura:							
PMS <sup>7</sup> (ton MS/ha)	18,1	-	3,25	23,4	12,7	16,9	19,3
PMS <sub>c</sub> <sup>8</sup> (ton MS/ha)	18,3	-	3,22	23,9	12,7	17,0	19,5
PPF <sup>9</sup> (ton FF/ha)	55,9	-	12,4	80,3	36,7	51,2	60,7
PrG <sup>10</sup> (ton MS/ha)	6,69	-	2,03	10,4	3,66	5,91	7,47
PrV <sup>11</sup> (ton MS/ha)	6,88	-	1,88	11,0	3,96	6,16	7,60
Arranjo da lavoura:							
Stand (mil plantas/ha)	67,7	66,6	6,90	87,5	55,6	65,0	70,3
Nº plantas/m linear	3,05	3,00	0,70	5,30	2,70	3,20	3,80
Espaçamento entre linhas (m)	0,52	0,50	0,07	0,75	0,45	0,49	0,54

<sup>1</sup> – DP: desvio padrão; <sup>2</sup> – Max: valor máximo encontrado; <sup>3</sup> – Min: valor mínimo encontrado; <sup>4</sup> – IC: intervalo de confiança; <sup>5</sup> – Inf: valor mínimo do intervalo de confiança; <sup>6</sup> – Sup: valor máximo do intervalo de confiança; <sup>7</sup> – PMS: produtividade de MS; <sup>8</sup> – PMS<sub>c</sub>: produtividade de MS corrigida para 35%MS; <sup>9</sup> – PPF: produtividade de forragem fresca; <sup>10</sup> – PrG: produtividade de grãos; <sup>11</sup> – PrV: produtividade da porção vegetativa

Em relação às características de arranjo das plantas nas lavouras, dentre as lavouras avaliadas, 88% destas tiveram a população variando entre 60 e 80 mil plantas em cada hectare da lavoura, já as demais lavouras, 1 delas tinha população superior e 2 tinham populações inferiores a esse intervalo. Os espaçamentos entre as linhas de plantio mais adotados nas lavouras foram de 0,5 m (50% das lavouras), 0,45 m (26,9%) e 0,60 m (19,2%). A média encontrada do número de plantas por metro da lavoura foi de 3,5 plantas/m linear, sendo que 77% das lavouras tinha entre 3 e 4 plantas/m linear.

No tocante às características das plantas das lavouras, os resultados descritivos da segunda safra estão apresentados na Tabela 9.

Quanto à altura das plantas, 54% das lavouras apresentaram plantas com altura superior a 2,50 m, sendo que destas lavouras, 2 tinham altura superior a 2,80 m. Apenas 2 lavouras tinham plantas menores do que 2 m de altura. Em relação à altura da inserção da espiga, em 96% das lavouras esta altura da inserção da espiga estava localizada entre 40 e 60% da altura da planta, ou seja, inseridas na metade da altura da planta ou parte mediana da planta. A espessura média do colmo foi de 2,0 cm e, das lavouras avaliadas, 46% tinham plantas com espessuras iguais ou maiores que a média encontrada. O número de folhas verdes variou de em média 4,3 até em média de 13,7 folhas verdes por plantas e 73% das lavouras tinham plantas com mais de 10 folhas verdes.

Com relação ao peso seco de uma planta, 50% das lavouras apresentaram plantas com peso entre 0,20 e 0,30 kg e 38% apresentaram valores superiores a este intervalo. O peso das espigas variou de 0,10 a 0,28 kg. Foi possível observar que tiveram 15 lavouras com plantas tendo espigas mais pesadas do que uma planta inteira de lavouras de baixa produção. O peso dos grãos por planta variou de 0,06 a 0,23 kg e em relação a esta característica, 58% das lavouras tiveram plantas com peso de grãos superiores a 0,10 kg. A maioria das lavouras (54%) tinham plantas com peso de folhas entre 0,04 e 0,07 kg e 31% das 26 lavouras tinha pesos de folhas superiores a 0,07 kg por planta. Quanto a peso do colmo em cada planta, 35% das lavouras apresentaram este peso entre 0,02 e 0,04 kg, 38% ficaram entre 0,04 e 0,06 kg e as demais apresentaram valores superiores a 0,06 kg.

Com relação às proporções dos componentes morfológicos da planta, dentre as lavouras avaliadas, 27% tinham a proporção de folhas variando entre 14 e 19% do total da planta e 58% tinham valores de proporção de folhas superiores a 19%. A quantidade de lavouras com mais de 40% de grãos nas plantas foi de 38% das 26 lavouras que foram avaliadas. Dentre todas as áreas cultivadas, 65% delas apresentaram plantas que tinham valores de proporções de colmo inferiores à 20%. Cinco, dentre as 26 lavouras avaliadas, o que corresponde a 19% destas, tiveram a proporção de palhas + sabugo inferiores a 20% do total da planta.

Tabela 9. Características das plantas de milho cultivadas para a produção de silagem em quatro estados brasileiros durante as segundas safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e de 2017/2018.

	Média	Moda	DP <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	
						Inf <sup>5</sup>	Sup <sup>6</sup>
Características da planta:							
Altura de planta (m)	2,44	-	0,28	2,84	1,88	2,34	2,55
Altura da espiga (m)	1,35	-	0,19	1,62	1,02	1,27	1,42
Espessura média colmo (cm)	2,00	2,14	0,20	2,40	1,70	1,90	2,00
Número de folhas verdes	10,5	10,0	1,70	13,7	4,30	9,80	11,2
Pesos (kg MS):							
Planta	0,28	-	0,06	0,39	0,16	0,26	0,31
Espiga	0,17	-	0,05	0,28	0,10	0,15	0,19
Folhas	0,06	-	0,02	0,10	0,02	0,05	0,07
Colmo	0,05	-	0,01	0,07	0,02	0,04	0,06
Grãos	0,11	-	0,04	0,23	0,06	0,09	0,12
Proporção componentes (%):							
Espiga	60,1	-	7,63	74,9	46,5	57,1	63,0
Folhas	20,5	-	5,35	31,2	10,2	18,5	22,6
Colmo	17,5	-	4,15	25,4	10,6	15,9	19,1
Grãos na planta	37,2	-	9,06	58,3	21,3	33,7	40,7
Palhas + Sabugo	22,9	-	3,68	28,8	14,6	21,5	24,3

<sup>1</sup> – DP: desvio padrão; <sup>2</sup> – Max: valor máximo encontrado; <sup>3</sup> – Min: valor mínimo encontrado; <sup>4</sup> – IC: intervalo de confiança; <sup>5</sup> – Inf: valor mínimo do intervalo de confiança; <sup>6</sup> – Sup: valor máximo do intervalo de confiança.

Os resultados descritivos da época de segunda safra, referentes as variáveis das espigas avaliadas, estão apresentados na Tabelas 10.

Os resultados referentes às características das espigas mostram que 46% das lavouras tiveram espigas com 60 a 70% de grãos e as demais lavouras, 10 tiveram proporções inferiores e 4 tiveram proporções superiores a este intervalo. Apenas uma lavoura teve, na composição das espigas de suas plantas, uma participação de 25% ou menos do somatório das proporções de sabugo e palha. A maioria das espigas, 58%, tiveram suas médias entre 14,0 e 15,7 cm. Quanto ao diâmetro médio da espiga, 50% das lavouras possuíam espigas com diâmetro superior a 4,12 cm e 46% possuíam espigas com diâmetro entre 3,29 e 4,12 cm.

Quanto ao comprimento médio dos grãos, 54% das lavouras tiveram grãos variando entre 0,66 e 0,86 cm de comprimento e 35% apresentaram valores superiores a 0,86 cm. Com relação à quantidade numérica desses grãos na espiga, dentre as lavouras avaliadas, 85% apresentaram 16 ou 18 fileiras de grãos e 92%

apresentaram de 30 a 40 grãos em cada fileira da espiga. Apenas 8 delas tiveram plantas com espigas com menos de 500 grãos.

Tabela 10. Características das espigas de milho cultivadas para a produção de silagem em quatro estados brasileiros durante as segundas safras dos anos agrícolas de 2016/2017 e de 2017/2018.

	Média	Moda	DP <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	
						Inf <sup>5</sup>	Sup <sup>6</sup>
Características da espiga:							
Proporções (%)							
Grãos na espiga	61,1	-	8,58	80,0	45,8	57,8	64,4
Sabugo na espiga	15,2	-	3,97	26,9	9,38	13,6	16,7
Palha na espiga	23,7	-	7,12	38,5	10,7	21,0	26,4
Comprimento da espiga (cm)	15,1	15,2	1,26	17,4	12,3	14,7	15,6
Diâmetro da espiga (cm)	4,10	-	0,60	5,00	2,50	3,90	4,30
Comprimento dos grãos (cm)	0,78	-	0,15	1,06	0,46	0,72	0,84
Número de grãos por fileira	34	32	3	40	28	33	36
Número de fileiras	16	16	1	19	14	16	17
Número de grãos por espiga	564	469	67	684	456	538	590

<sup>1</sup> – DP: desvio padrão; <sup>2</sup> – Max: valor máximo encontrado; <sup>3</sup> – Min: valor mínimo encontrado; <sup>4</sup> – IC: intervalo de confiança; <sup>5</sup> – Inf: valor mínimo do intervalo de confiança; <sup>6</sup> – Sup: valor máximo do intervalo de confiança.

## 6.2.2 Resultados de agrupamentos hierárquicos

Assim como foi obtido nos resultados sobre a primeira safra, a partir do agrupamento hierárquico das lavouras, também foi possível a obtenção de três grupos distintos, com baixas, médias e altas produtividades, tanto para a porção dos grãos (Figura 7), quanto para a porção vegetativa (Figura 8).

A nomenclatura adotada para definir cada grupo foi semelhante àquela da primeira safra. Portanto, lavouras que ficaram alocadas no G1 das produtividades, foram aquelas que apresentaram os maiores valores para essa característica avaliada, ficando as lavouras com produção média no G2 e as lavouras com produção baixa no G3.

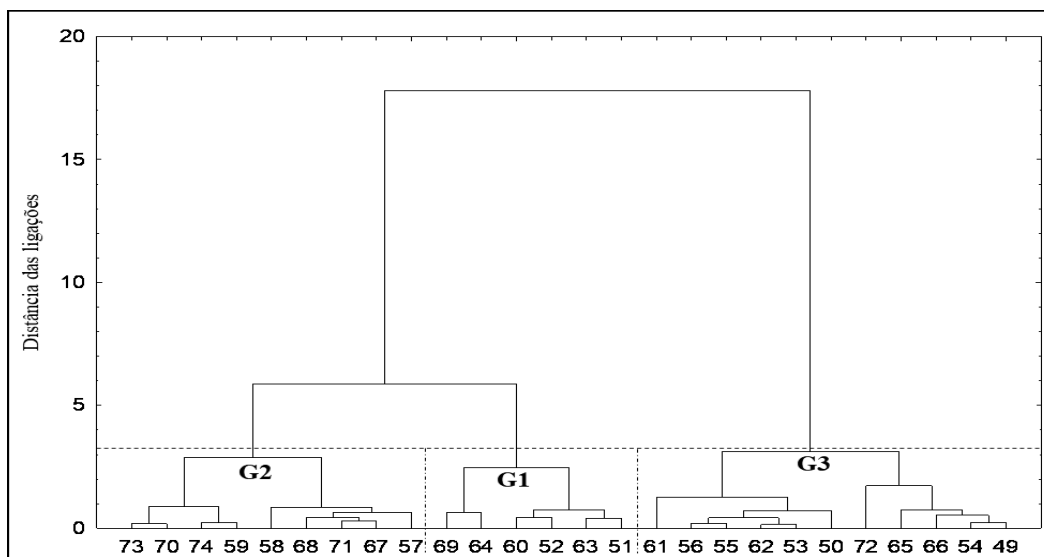


Figura 7. Análise de agrupamento hierárquico de *Ward* para a produtividade de grãos em lavouras de milho cultivadas para produção de silagem, durante a segunda safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. A linha pontilhada indica o ponto de corte. G1: alta produtividade de grãos; G2: média produtividade de grãos e G3: baixa produtividade de grãos

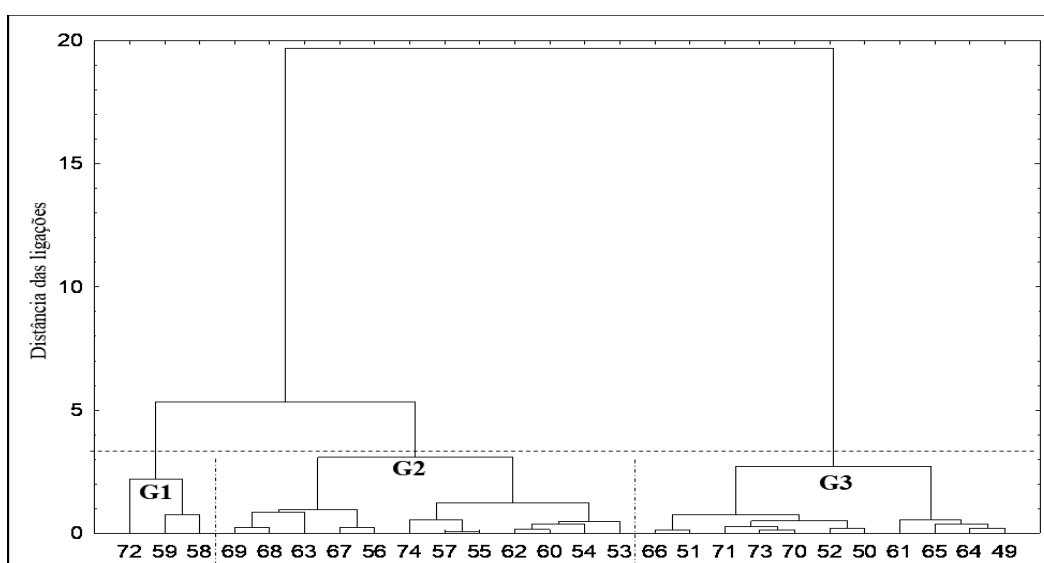


Figura 8. Análise de agrupamento hierárquico de *Ward* para a produtividade da porção vegetativa em lavouras de milho cultivadas para produção de silagem, durante a segunda safra durante os anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. A linha pontilhada indica o ponto de corte. G1: alta produtividade da porção vegetativa; G2: média produtividade da porção vegetativa e G3: baixa produtividade da porção vegetativa

Quatro dentre as 26 lavouras ficaram no G2 tanto em produtividade de grãos quanto em produtividade da porção vegetativa. O número de lavouras, que se repetiram no G3 para as duas produtividades, foi de 5 dentre as 26. Nenhuma das lavouras avaliadas se repetiu no G1 das duas produtividades. Portanto, 17

lavouras variaram quanto a relação das produtividades de grãos e da porção vegetativa, e ficando assim em grupos diferentes, dependendo do componente interpretado.

### 6.2.3 Resultados de análise de componentes principais

A análise dos componentes principais para as variáveis de produtividade de MS e de características agrônômicas está apresentada na Figura 9. Assim como na análise de agrupamentos, esta análise também apresentou resultados semelhantes aos encontrados durante a primeira safra.

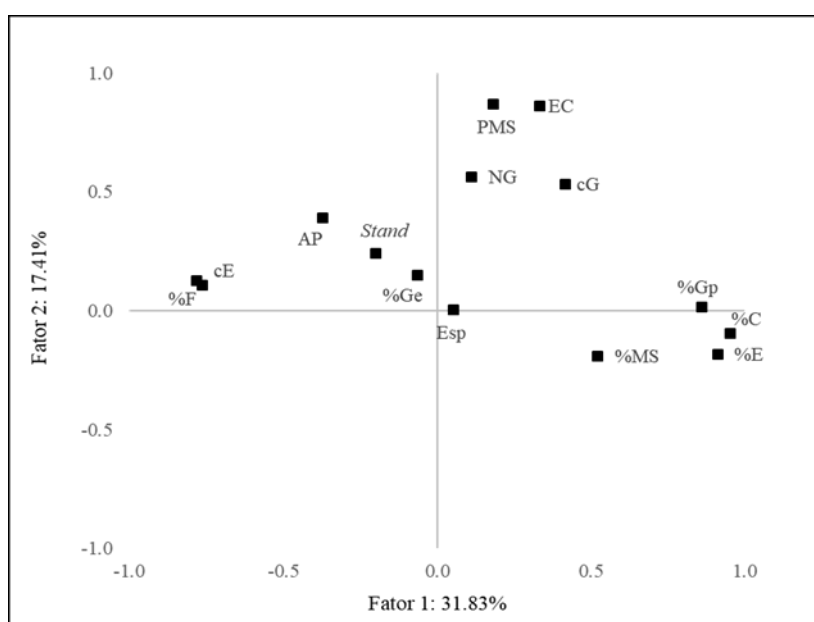


Figura 9. Análise de componentes principais para as variáveis de produtividade de MS e de características agrônômicas, durante a segunda safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. PMS: produtividade de MS; EC: espessura do colmo; %C: proporção de colmo na planta; cE: comprimento de espiga; AP: altura de planta; %Ge: proporção de grãos na espiga; NG: número de grãos por espiga; cG: comprimento dos grãos; %Gp: proporção de grãos na planta; %MS: concentração de MS; %E: proporção de espiga na planta; ESP: espaçamento entre linhas de plantio; %F: proporção de folhas na planta.



Na Figura 10 e Figura 11 são apresentadas a distribuição gráfica das lavouras, de acordo com os componentes principais encontrados, e separadas entre os grupos obtidos durante a análise de agrupamento hierárquico. A proporção acumulada de autovalores da matriz de correlações dos componentes principais 1 e 2 foi de 49,24%.

Em relação às lavouras com maiores valores de produtividade de grãos, foi possível observar por meio do gráfico que estas se apresentaram, na sua maioria, relacionadas às características de produtividade de MS (PMS), de comprimento dos grãos (cG), de concentração de MS, bem como de proporções de espiga (%E), de grãos na planta (%Gp) e de grãos na espiga (%Ge) (Figura 10).

No que diz respeito à produtividade da porção vegetativa, as lavouras que se apresentaram no G1 da análise de agrupamento estavam, de acordo com análise de componentes principais, mais relacionadas as características de espessura de colmo (EC), de altura de planta (AP), de *stand* de plantas, de proporção de folhas (%F), de proporção de colmo (%C) e, assim como para a produtividade de grãos, também relacionada a produtividade de MS (Figura 11).

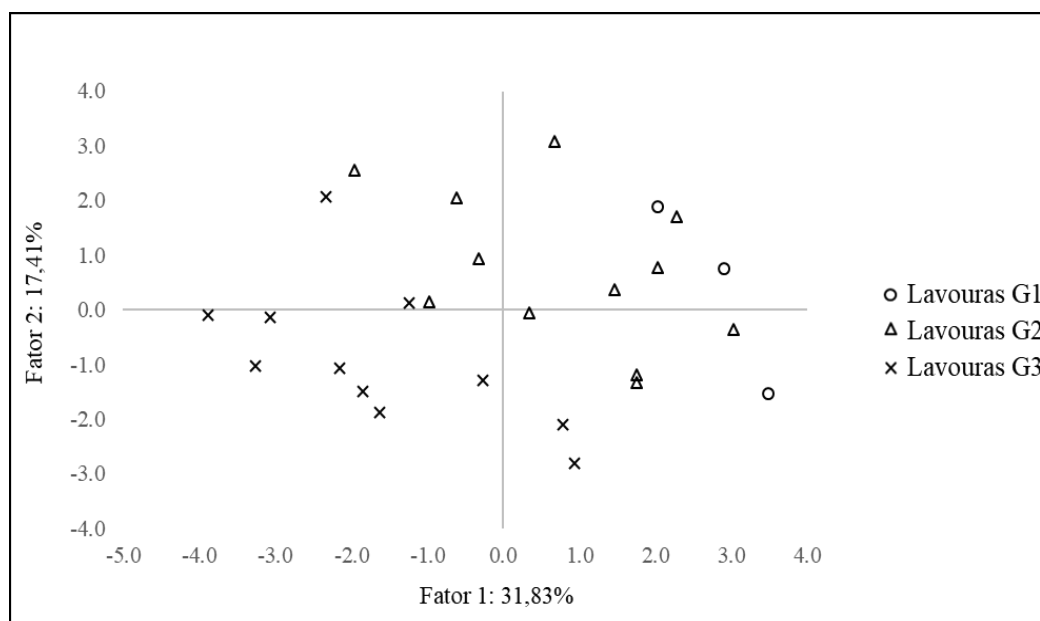


Figura 10. Análise de componentes principais para as lavouras avaliadas durante a segunda safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, de acordo com o agrupamento das produtividades de grãos.

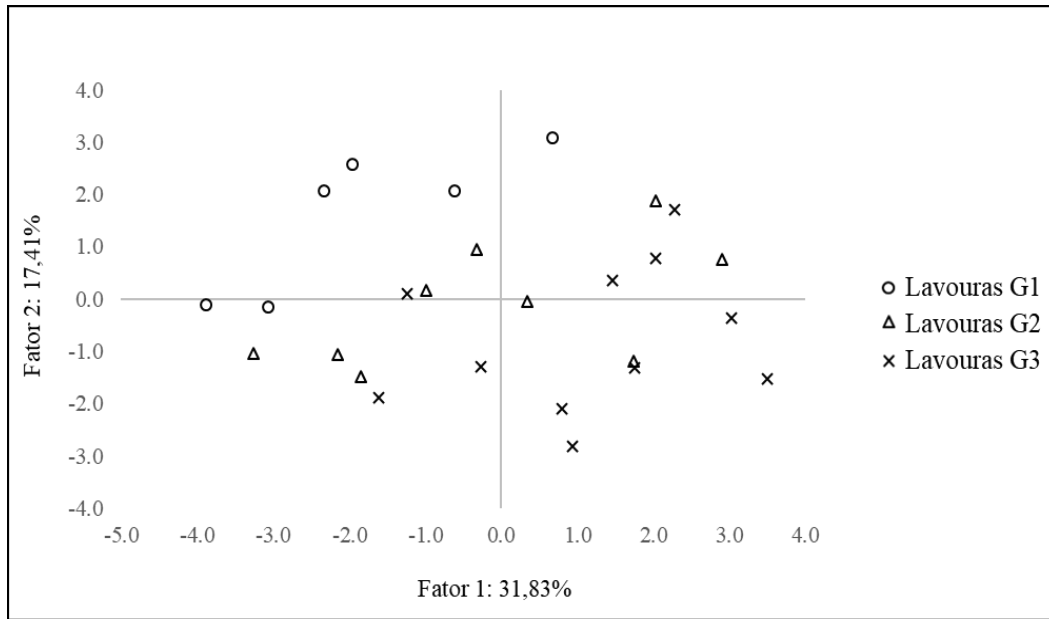


Figura 11. Análise de componentes principais para as lavouras avaliadas durante a segunda safra dos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, de acordo com o agrupamento das produtividades de da porção vegetativa.

## 7 DISCUSSÃO

A produtividade de MS é considerada um fator chave para a produção de silagem, pois a mesma dilui os custos de produção da lavoura e da ensilagem (ALLEN *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2017). A produtividade de MS é uma variável que é afetada diretamente pela altura na qual se faz o corte das plantas, ficando complexa a comparação com resultados de estudos que tenham trabalhado com alturas diferentes deste estudo. No presente trabalho, no qual as plantas foram cortadas à 25 cm de altura, a produtividade de MS teve média de 25,6 ton MS/ha na primeira safra. Gusmão e colaboradores (2017, dados não publicados), utilizaram a mesma altura de corte das plantas, avaliaram 11 híbridos, em condições de parcelas e obtiveram média de 27,6 ton MS/ha. A produtividade de MS média das segundas safras foi de 18,1 ton MS/ha e numericamente inferior àquela encontrada durante as primeiras safras. Porém, das 26 lavouras avaliadas nesta época do ano, 69,2% delas obtiveram produtividades semelhantes a algumas lavouras do período da safra de verão. Isso, pode ser considerado satisfatório, visto que as condições ambientais durante esse período se apresentam de formas menos favoráveis ao desenvolvimento da planta (TOLLENNAR *et al.*, 1979; ANDRADE, 1992).

A produtividade de MS foi influenciada por diferentes características das plantas, tais como a altura da planta, a espessura do colmo, o comprimento da espiga e o número e o comprimento dos grãos na espiga. Estas variáveis atuam de modo diferente na construção da produtividade de MS total de forragem da lavoura, uma vez que algumas contribuem mais com a produtividade da porção vegetativa e outras contribuem mais com a produtividade de grãos.

Entretanto, foi visto também que estas características não atuam somente de forma isolada, uma vez que foram encontradas lavouras com altas produtividades tanto de grãos, quanto da porção vegetativa. Essa alta participação de ambos os componentes pode estar atrelada a presença da característica de *stay green* nas plantas. O *stay green* é a capacidade da planta de manter o seu vigor vegetativo durante o processo de enchimento dos grãos, mantendo-se verde por um período maior de tempo (BEKAVAC *et al.*, 2002). O retardo no amadurecimento da parte vegetativa de um híbrido com a característica de *stay green*, está ligado a maior intensidade de captação de nitrogênio por parte desse

tipo de planta, ainda durante a fase de enchimento de grãos (SZULC *et al.*, 2012). A presença dessa característica é primordial quando se define por fazer a colheita da lavoura em estádios de maturidades mais avançados visando a maior participação de grãos na forragem.

A concentração de MS na qual se encontrava cada lavoura foi determinante para distinção entre as produções dos componentes das plantas. Em lavouras, nas quais a concentração de MS das plantas apresentava valores mais baixos, a produtividade de MS total tendeu a apresentar menores valores e ser mais influenciada pela produtividade da porção vegetativa da planta e das características que a acompanham. Enquanto isso, as lavouras que se apresentaram com maiores concentrações de MS tiveram sua produtividade de MS mais influenciada pela produtividade de grãos. Este fato fica visível ao se observar que durante as safras de verão, onde a média de concentração de MS foi mais alta (36,7%), grande parte das lavouras com altas produtividades de MS também foram aquelas com altas produtividades de grãos. Nos períodos das segundas safras, das quais a média de percentagem de MS das plantas foi de 33,0%, a maioria das lavouras mais produtivas foram aquelas com maiores produtividades da porção vegetativa.

As plantas com menores concentrações de MS, devido ao estágio de desenvolvimento em que se encontravam, ainda haviam acumulado baixa quantidade de amido nos grãos, sobressaindo assim os componentes vegetativos da planta, tais como o colmo. Assim, características da planta (i.e., altura da planta e espessura do colmo) que possuem estreita relação com a participação do colmo acabaram por influenciar diretamente na produtividade de porção vegetativa e, conseqüentemente, na produtividade de MS total.

Com o avanço da maturidade da planta, o período de enchimento dos grãos se estende por mais tempo, acarretando em maior acúmulo de MS nos grãos (LAUER *et al.*, 2014). Isto fez com que a produtividade de MS total da lavoura, neste caso, tendesse a apresentar maiores valores, devido ao somatório do peso dos grãos com a porção vegetativa e fosse mais influenciada por características da espiga, tais quais o seu comprimento, o número de grãos presentes e o comprimento destes grãos. Segundo Westgate e colaboradores (2004), a produtividade de grãos da lavoura é dependente do número de grãos produzidos e do peso individual de cada grão, sendo que autores demonstraram que quantidade

de grãos afeta mais do que o peso deles (CIRILO E ANDRADE, 1994b; OTEGUI, 1995). O comprimento da espiga influencia no número de grãos presentes nela e, conseqüentemente, ambos influenciam na quantidade de grãos por área. Estas duas características sofrem forte influência genética, porém, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, podem ser altamente sensíveis a variações climáticas. Estes estágios críticos são de V5 a V8, quando há determinação do potencial de número de fileiras de grãos e de V12 a V15, quando é definido o potencial de número de grãos em cada fileira (RITCHIE *et al.*, 1993; STRACHAN, 2004). Em relação ao comprimento dos grãos, essa característica está ligada ao peso dos grãos, já que esse comprimento reflete a capacidade do grão em drenar nutrientes das outras partes para o acúmulo de amido (WESTGATE *et al.*, 2004). Esta também é uma característica que tem forte influência genética e sofre efeito do ambiente, principalmente após a polinização.

Além de influenciar na produtividade da lavoura, as características das plantas também influenciaram na sua composição morfológica. A variação das participações de cada componente da planta é responsável pela variação na composição química e no valor nutritivo do alimento (TOLERA *et al.*, 1998; OBA E ALLEN, 1999b). A proporção média de grãos nas plantas avaliadas durante as safras de verão foi de 42,3%, numericamente maior à encontrada nas safrinhas, com média de 37,2%. Essa diferença se deu, principalmente, devido a influência da concentração de MS média das plantas, que também foi menor na segunda safra, mas também, devido a menor produção de fotoassimilados pela planta causada pelas condições climáticas mais desfavoráveis. A maior proporção de grãos, assim como a maior produtividade, foi vista em plantas com espigas mais compridas, com maior quantidade de grãos e com grãos mais compridos. Esta maior participação traz consigo uma maior quantidade de amido no alimento (WESTGATE *et al.*, 2004) e isto é importante pois, o amido é responsável por fornecer mais da metade da energia digestível da silagem de milho (OWENS, 2008). Para a produção de silagem de milho, trabalhos citados por Bernardes e colaboradores (2018) têm mostrado que a vitrosidade do amido passa a perder importância após a forragem passar pelo processo de fermentação (OWENS, 2008), isso porque há um aumento na digestão desse amido com o aumento do tempo de estocagem no silo (MACKEN *et al.*, 2003; BENTON *et al.*, 2005;

CARVALHO *et al.*, 2017). Isto reforça a tese de que quanto maior a proporção de grão na forragem melhor é, independentemente do tipo do endosperma presente.

Por outro lado, as maiores participações dos componentes vegetativos foram observadas em plantas de porte mais alto e com colmos mais espessos. Tanto para as lavouras no período da safra de verão, quanto no período da safrinha, as plantas tinham os componentes fibrosos (colmo, folha, palha e sabugo) representando mais da metade de sua composição total, o que torna esta parte da planta um importante fator a ser levado em consideração na escolha do híbrido. Estes componentes são os principais responsáveis pelo conteúdo de FDN na planta, que juntamente com o amido, representam a maioria dos nutrientes da silagem de milho (BERNARDES *et al.*, 2018). A participação do colmo na planta é um fator de extrema importância, visto sua relevância na influência da digestibilidade da MS (ZOPOLLATTO E SARTURI, 2009). O colmo é formado por um grande número de células com as paredes celulares espessas e com a concentração de lignina variando de 6 a 12% (NUSSIO *et al.*, 2001). Os componentes da parede celular são os fatores que mais interferem na qualidade da MS, sendo a lignina o componente mais representativo para essa situação (PENATI, 1995). A quantidade de folhas na planta é um fator que deve ser levado em consideração, pois maiores valores de proporções deste componente poderão resultar em maiores conteúdos de carboidratos solúveis e de proteínas (DEMÉTRIO *et al.*, 2008). Somado a isso, dentre as porções vegetativas da planta, as folhas, por apresentarem maiores conteúdos de carboidratos não estruturais, apresentam maiores taxas de digestibilidade em relação ao colmo (SCHULTHESS *et al.*, 1995; DESCHAMPS, 1999).

Dentre os principais manejos aplicados à lavoura, a densidade de plantas na área e o espaçamento entre as linhas de plantio, estão ligados à produtividade de MS forragem (FERREIRA *et al.*, 2017) e ao valor nutritivo do alimento produzido, causado pela variação na composição morfológica da planta (CUSICANQUI E LAUER, 1999). Essas variações ocorrem por causa de alterações nas características das plantas (MADDONNI *et al.*, 2001), que por sua vez são causadas por diferentes distribuições das plantas na área, o que contribui para alteração na competição por água e nutrientes entre as plantas de milho e também entre o milho e as plantas daninhas (ARGENTA *et al.*, 2001; ALVAREZ *et al.*, 2006; MADDONNI *et al.* 2006).

Os resultados encontrados nesse estudo a respeito da população de plantas, mostraram que os *stands* finais, assim como os espaçamentos entre linhas de plantio, variaram bastante na primeira e na segunda safra. O aumento na população de plantas fez com que houvesse um aumento das produtividades da porção vegetativa, devido, principalmente, ao aumento do porte das plantas, o que também foi observado por Maddonni e colaboradores (2001). Houve também uma maior produtividade dos grãos, já que essa maior quantidade é explicada pelo maior número de grãos na área, em consequência de maior quantidade de plantas (NIELSEN, 2007).

Em um estudo avaliando a produção de milho sob diferentes populações, Cusicanqui e Lauer (1999) apresentaram resultados que mostraram que quando houve aumento do stand de plantas, houve também um aumento quadrático na produtividade de MS e uma redução na quantidade de leite por tonelada de forragem, porém devido à maior produtividade de forragem por hectare, houve também ligeiro aumento na quantidade de leite por hectare. O espaçamento das linhas de plantio exerce influência direta na população de plantas na área, fazendo com que o efeito sobre as características das lavouras causado pela alteração na distância das linhas seja semelhante aquele causado pela alteração na população. Cox e Cherney (2001) avaliaram a produtividade e a qualidade do milho plantado sob espaçamentos de 0,38 e 0,76 m e encontraram aumento na produtividade de MS nas áreas mais adensadas. Estes encontraram aumento da concentração de FDN com diminuição do espaçamento, porém não encontraram diferença na digestibilidade da FDN e obtiveram aumento na quantidade de leite por hectare. A queda no valor nutritivo observada por esses autores é muito influenciada pela maior participação do colmo que acontece devido ao maior porte observado nas plantas.

## 8 CONCLUSÕES

Conclui-se que os híbridos de milho comercializados no Brasil apresentaram bons resultados de características agronômicas para produção de silagem, visto que foram obtidas, por exemplo, produtividades de MS acima de 30 ton MS/ha e proporções de mais de 50% de grãos na forragem.

A produtividade de MS total da lavoura foi determinada pela combinação da produtividade de grãos com a produtividade da porção vegetativa. A produção de grãos foi explicada pelo número e pelo comprimento dos grãos na espiga, enquanto a produção da parte vegetativa foi mais influenciada pela altura da planta e pela espessura do colmo. Lavouras com alta produtividade de MS apresentaram altas proporções de grãos e/ou de colmo na composição morfológica.

Com relação as épocas de avaliação, a primeira safra apresentou maior valor de produtividade e plantas com características morfológicas mais favoráveis a produção de silagem, visando o bom valor nutritivo da mesma.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S.; OBA, M.; CHOI, B.R. Silage: feed costs and performance affected by type of corn hybrid. **Feedstuffs**, Minnetonka, v.69, n.28, p.11-31, 1997.

ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn Silage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARISSON, J.H. (Eds.) **Silage Science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of América; Soil Science Society of America, 2003. p.547-608.

ALMEIDA FILHO, S.L., et al. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.7-13, 1999.

ALVARES DE BRITO, C.J.F. et al. Caracterização morfoanatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf e *B. Humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae). **Revista Brasileira de Botânica**., São Paulo, v.25, n.2, p.221-228, 2002.

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**, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

ANDRADE, F.H. **Radiacion y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz**. Balcarce: Instituto Nacional de tecnologia agropecuária, 1992. 34p. (Boletín Técnico, 106).

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

ARGENTA, G., et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.71-78, 2001.

AUFRÉRE, J. et al. Estimation of organic matter digestibility of whole maize plants by laboratory methods. **Animal feed science and technology**, v.36, n.3-4, p.187-204, 1992.

BAL, M.A.; COORS, J.G.; SHAVER, R.D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2497-2503, 1997.

BALIEIRO NETO, G., et al. Relação custo benefício na produção de silagem com milho Bt. SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, **Anais...** v. 4, p. 131-172, 2011.

BEKAVAC, G., et al. Stay green criterion in maize breeding programs. **Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo**, n. 36, p. 317-326, 2002

BELOW, F.E., et al. Availability of reduced N and carbohydrates for ear development of maize. **Plant Physiology**, v. 68, n. 5, p. 1186-1190, 1981.

BENTON, J.R.; KLOPFENSTEIN, T.J.; ERICKSON, G.E. **Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein**. Lincoln: University of Nebraska/Nebraska Beef Cattle Reports, 2005. p.31-33.

BERNARDES, T.F.; DO RÊGO, A.C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science** v.83, p.1264-1273, 2014.

BERNARDES, T.F. **Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas leiteiras no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 17p. (E-book).

BERNARDES, T.F., et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of dairy science**, v.101, n.5, p.4001-4019, 2018.

BLACKLOW, W.M. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of Corn (*Zea mays* L.) 1. **Crop Science**, v. 12, n. 5, p. 647-650, 1972.

BOOMSMA, C.R., et al. Maize grain yield responses to plant height variability resulting from crop rotation and tillage system in a long-term experiment. **Soil and Tillage Research**, v. 106, n. 2, p. 227-240, 2010.

BORREANI, G.; TABACCO, E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. **Journal of Dairy Science**. v.93, p.2620-2629, 2010.

BROWN, D.M. Response of maize to environmental temperatures: a review. World Meteorological Organization, **Agrometeorology of Maize**, WMO, n. 481, p. 15-26, 1977.

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**, 2001, 178p, Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência tecnologia e produção. 4. Ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, B.F.; et al. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of Applied Microbiology**. v.122, p.589–600, 2017.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R.; CASLER, M.D. Sampling forage corn for quality. **Canadian journal of plant science**, v. 76, n. 1, p. 93-99, 1996.

- CIRILO, A. G.; ANDRADE, F. H. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop science**, v. 34, n. 4, p. 1039-1043, 1994a.
- CIRILO, A. G.; ANDRADE, F. H. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. **Crop Science**, v. 34, n. 4, p. 1044-1046, 1994b.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Levantamento. **Monitoramento Agrícola**, v. 5, n. 4, p. 1-132, 2018. < Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20> >
- COORS, J.G.; CARTER, P.R.; HUNTER, R.B. Silage corn. In: HALLAUER, A.R. (Ed.) **Specialty corns**. Boca Raton, FL, 1994, p.305-340.
- COORS, J.G. Findings of the Wisconsin corn silage consortium. In: SEEDS OF ANIMAL NUTRITION SYMPOSIUM, Rochester, 1996. **Proceedings...** Rochester, 1996.
- COX, W.J.; CHERNEY, D.JR. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 3, p. 597-602, 2001.
- COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Timing Corn Forage Harvest for Bunker Silos. **Agronomy Journal**. v.97, p.142-146, 2005.
- COX, J.W.; CHERNEY, D.R.; HANCHAR, J.J. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. **Journal of Production Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 128-134, 1998.
- COX, W.J. et al. Growth, yield, quality, and economics of corn silage under different row spacings. **Agronomy journal**, v. 98, n. 1, p. 163-167, 2006.
- COX, W. J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**. v.88, p.489-496, 1996.
- COX, W.J. Corn silage and grain yield responses to plant densities. **Journal of Production Agriculture**, v. 10, n. 3, p. 405-410, 1997.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C. Preparo do solo e plantio. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL M.A. (Eds.). **Milho: do plantio à colheita**. 1.ed. Viçosa: UFV: 77-107.
- CUSICANQUI, J.A.; LAUER, J.G. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. **Agronomy Journal**. v. 91, p. 911-915, 1999.
- DAYNARD, T.B.; HUNTER, R.B. Relationships among whole-plant moisture, grain moisture, dry matters yield and quality of whole-plant corn silage. **Canadian Journal Plant Science**, v.55, p.77-84, 1975

DESCHAMPS, F.C. Implicações do período decrescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 1358-1369, 1999.

DEMÉTRIO, C.S., et al. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DEMINICIS, B.B., et al. Silagem de milho - características agronômicas e considerações. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. 10, n. 2, p. 1-18, 2009.

DENGLER NG, NELSON, T. Leaf structure and development in C4 plants. In: SAGE R.F.; MONSON R.K., (Eds). **C4 plant biology**. Academic press, San Diego, p 133-172, 1999.

DUARTE, J.O., et al. Economia da produção. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 4. ed. Sete Lagoas: Empresa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção. < Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_4es/economia.Htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_4es/economia.Htm) >

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2 ed. New York: John Wiley, p.550. 1977.

FANCELLI, A.L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. BORÉM, et al. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 50-76, 2015.

FAO. Food and Agricultural Organization,. FAOSTAT, **FAO Statistical Databases**. < Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. 2018. > Acessado em: 4 de dezembro de 2018

FERRARETTO, L.F.; SHAVER, R.D. Effects of whole plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 2662-2675, 2015.

FERRARETTO, L.F. et al. Effect Of Corn Silage Hybrids Differing In Starch And Neutral Detergent Fiber Digestibility On Lactation Performance And Total-Tract Nutrient Digestibility By Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 395-405, 2015.

FERREIRA, G.D.G. et al. Caracterização morfoanatômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.249-254, 2007

FERREIRA, G.D.G. et al. Caracterização morfoanatômica do colmo de genótipos de milho. **Arquivo de Zootecnia**, v.60, p.237-246, 2011.

FERREIRA, G.; TEETS, C.L. Effect of planting density on yield, nutritional quality, and ruminal in vitro digestibility of corn for silage grown under on-farm conditions. **The Professional Animal Scientist**, v. 33, n. 4, p. 420-425, 2017.

FERRARI JUNIOR, E. et al. Características, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal, SP: **Funep**, 2007.576 p.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Corn History and Culture. In: **Corn: Chemistry and Technology**. AACC International Press. 3 Ed. p. 1-18. 2019.

GARCÍA-LARA, S.; CHUCK-HERNANDEZ, C.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Development and Structure of the Corn Kernel. In: **Corn: Chemistry and Technology**. AACC International Press. 3 Ed. p. 147-163. 2019.

GOMES, M.S. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004a.

GOMES, M.S. et al. Análise dialéctica da degradabilidade in situ da matéria seca da silagem de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.108-119, 2004b.

GRALAK, E, et al. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agrônômicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

HATEW, B. et al. Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane emission of lactating dairy cows. **Journal of dairy Science**, v. 99, n. 1, p. 354-368, 2016.

HOEFT, R.G., et al. Corn as a crop. In: HOEFT, R.G., et al. (Eds) **Modern Corn and Soybean Production**. MCSP Publications, Champaign, p. 1–28, 2000.

HUDA, S.; YANG, Y. Chemically Extracted Cornhusk Fibers as Reinforcement in Light-Weight Poly (propylene) Composites. **Macromolecular Materials and Engineering**, v. 293, n. 3, p. 235-243, 2008.

HUNT, C.W.; KEZAR, W.; VINANDE, R. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. **Journal of Production Agriculture**, v.2, p.357–361, 1989.

IBGE. Indicadores IBGE. **Estatística da Produção Pecuária**. 2018. < Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp\\_2018\\_3tri.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2018_3tri.pdf) > Acessado em 10 de dezembro de 2018.

JAREMTCHUK, A.R., et al. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 351-357, 2006.

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

JONES, R.J.; SIMMONS, S.R. Effects of altered source sink relation on growth of maize kernels. **Crop Science**, v. 23, n.1, p.129-134, 1983.

KINIRY, L.N.; SCRIVNER, C.L.; KEENER, M.E. **A soil productivity index based upon predicted water depletion and root growth**. University of Missouri--Columbia, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 1983.

LAUER, J.; KOHNT K.; DIALLO. **Wisconsin corn hybrid performance trials: Grain – Silage – Specialty – Organic**. UWEX. A3653. Madison, WI. 2013. < Disponível em: <http://corn.agronomy.wisc.edu/HT/2013/2013Text.aspx>. >. Acesso em 14 de fevereiro de 2018.

LAUER, J.G.; ROTH, G.W.; ZARNSTORFF, M. Predicting Corn Grain Yield Using Silage Starch Content and Crop Adjuster Methods. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 6, p. 2209-2214, 2014.

LAUER, J.; **Corn silage and quality trade-offs when changing cutting height**. **Agronomy Advice**, 1998. < Disponível em: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/Advice/1998/CuttingHeightYieldAndQualityTrade-offForCornSilage.html>. >

LAUER, J. The relationship between corn grain yield and forage yield: Effect of moisture, hybrid and environment. **Field Crops**, v. 28, p. 1-2, 2006.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

LIMA, T.G. et al. Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, v. 69, n. 3, 2010.

LIU, W. et al. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 1, p. 275-280, 2004

LYNCH, J.P.; O'KIELY, P.; DOYLE, E.M. Yield, quality and ensilage characteristics of whole-crop maize and of the cob and stover components: Harvest date and hybrid effects. **Grass and Forage Science**, v.67, p.472–487. 2012.

- MACKEN, C., G., et al. **Effects of starch endosperm type and corn processing method on feedlot performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation of high-grain diets.** in Nebraska Beef Cattle Report MP80-A. University of Nebraska, Lincoln. p.32–34, 2003.
- MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. Leaf area, light interception, and crop development in maize. **Field crops research**, v. 48, n. 1, p. 81-87, 1996.
- MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, v. 71, n. 3, p. 183-193, 2001.
- MADDONNI, G.A.; CIRILO, A.G.; OTEGUI, M.E. Row width and maize grain yield. **Agronomy journal**, v. 98, n. 6, p. 1532-1543, 2006.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃO, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. (Circular técnica, n° 20).
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, A.C. Efeitos do quebraamento do colmo no rendimento de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, p.279-289, 1998.
- MARTIN, K.L. et al. Plant-to-plant variability in corn production. **Agronomy journal**, v. 97, n. 6, p. 1603-1611, 2005.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2. ed. New York: Chalcombe PUBLICATIONS, 339 p. 1991.
- MEGHJI, M.R. et al. Inbreeding Depression, Inbred and Hybrid Grain Yields, and Other Traits of Maize Genotypes Representing Three Eras 1. **Crop Science**, v. 24, n. 3, p. 545-549, 1984.
- MENDES, M.C., et al.. Associação entre características e desempenho de híbridos de milho para produção de forragem. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABMS, 2006. p.203
- MENDES, M., et al. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, v. 67, n.2, p. 23-33, 2008.
- MILLEN, D.D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of animal science**, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, 2009.
- MITTELMANN, A. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.14, n.3, p. 684-690, 2005.

MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*, v. 281, n. 980, p. 277-294, 1977.

NEUMANN, M., et al. 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., et al. Ensilagem: estratégias visando maior produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RUMINANTES LEITEIROS, 1., 2014, Uberlândia, MG. *Anais...Uberlândia: UFU*, 2014. p. 130-166

NEUMANN, M., et al. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. *Archivos de Zootecnia*, v. 66, p.51-58, 2017.

NEUMANN, M. et al. Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 17, n. 1, p. 49-62, 2018.

NEYLON, J.M.; KUNG, L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of dairy science*, v. 86, n. 6, p. 2163-2169, 2003.

NIELSEN, R.L. **Ear size determination in corn**. Corny News Network Articles, Purdue University, 2007.

NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C. 2001.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho. In: Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos, Piracicaba, 1999, *Anais... Piracicaba, São Paulo*, v.7, p.27-46.

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

NUSSIO, L.G. Cultura De Milho Para Produção De Silagem De Alto Valor Alimentício. In: Anais Do Simpósio Sobre Nutrição De Bovinos, Piracicaba, 1991. *Anais... V.4, P.58-168*

OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 135–142, 1999a.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 82, n. 3, p. 589-596, 1999b.



OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64-75, 2014.

OLIVEIRA, F.C.L., et al. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de zootecnia**, v.40, n.4, p.720-727, 2011.

OLIVEIRA, J.S. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** v.34, p.161-163.

OTEGUI, M.E.; ANDRADE, F.H. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. **Physiology and modeling kernel set in maize**, p. 89-102, 2000.

OTEGUI, M. E. Prolificacy and grain yield components in modern argentinian maize hybrids. **Maydica**, v. 40, p. 371-376, 1995.

OWENS, F. **Corn silage - Facts, fantasies, and the future**. 2008. < Disponível em: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2008/Owens.pdf>. >

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

PALIWAL, R.L., et al. Tropical Maize: Improvement and Production. **FAO**, Rome, p.1-363, 2000.

PATERNIANI, E; VIÉGAS G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 795p. 1987.

PATERNIANI, E. Importância do milho na agroindústria. In: OSUNA, J.A.; MORO, J.R. (Ed.). **Produção e melhoramento do milho**. Jaboticabal, SP: Funep, p.1 – 11. 1995.

PAZIANI, S.F., et al. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PENATI, M. A. Relação de alguns parâmetros agrônômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zea mays* l.) com a produção, digestibilidade e o teor de MS da planta. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, M.N., et al. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.4, p.358-363, 2004

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017**. Embrapa Milho e Sorgo - Documentos (INFOTECA-E), 2016

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**, v.81, p.2178-2184, 1998.

PIONEER. **Nutrição animal: o mercado de silagem de milho no Brasil**. 36 p. (Informativo Pioneer). 2013

PAULINO, P.V.R., et al. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, Fortaleza, v.15, p. 161-172, 2013

QUACKENBUSH, F.W., et al. Carotenoid, oil and tocopherol content of corn inbreds. **Cereal Chemistry**. v.40, p.250–259, 1963.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 728 p. 1996.

RESTLE, J., et al. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1235-1244, 2002.

RIBAUT, J.M., et al. Drought tolerance in maize. In: BENNETZEN, J., HARE, S. (Eds.), **Handbook of Maize: Its Biology**. Springer, New York, p. 311–344. 2009.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a corn plant develops. Iowa State Univ. **Coop. Ext. Serv. Spec. Rep**, v. 48, p. 21, 1993.

ROSA, J.R.P., et al. Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 302-312, 2004.

SANTOS, R.D. et al. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de seis genótipos de milho precoce ou super-precoce. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: congresso nordestino de produção animal, 5.; simpósio nordestino de alimentação de ruminantes, 11.; simpósio sergipano de produção animal, 1., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008., 2010.

SANTOS, G.; MORAES, J.M.M.; NUSSIO, L.G. Custo e análise de sensibilidade na produção de silagem. **Revista iPecege**, v.3, n.1, p.39-48, 2017.

SAS. Institute Inc. **SAS/STAT 9.1 User's Guide**. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. 2004.

SCHULTHESS, U., et al. Effects of variety, altitude, and undersowing with legumes on the nutritive value of wheat straw. **Explain Agricola**. v.31, p.169-176, 1995.

- SCHWAB E.C., et al. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. **Journal of Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.1–18, 2003
- SEGLAR, W.J.; SHAVER, R.D. Management and assessment of ensiled forages and high-moisture grain. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 507-538, 2014.
- SHAW, R.H. Corn and corn improvement. **American Society of Agronomy**, Madison, p. 599-617, 1977.
- SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.34, n. 4, p. 585-592, 1999.
- SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. Culturas Destinadas À Ensilagem. In: Reis *et al.* (Ed.). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia E Gestão Dos Recursos Forrageiros**. 2. Ed. Jaboticabal: Funep, 2013. P. 661-670.
- SOUZA, M.P. et al. Composição morfológica da planta de híbridos de milho convencionais e transgênicos (Bt). **Agropecuária científica no semiárido**, v. 13, n. 1, p. 53-58, 2017.
- STATSOFT, I. **STATISTICA for Windows Operating System** (Version 10.0). Tulsa (OH): StatSoft. 2011.
- STRACHAN, S.D. Corn grain yield in relation to stress during ear development. **Crop Insights**, v. 14, n. 1, 2004.
- SWANK, J.C. et al. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. **Plant Physiology**, v. 70, n. 4, p. 1185-1190, 1982.
- SZULC, P.; BOCIANOWSKI, J.; RYBUS-ZAJAC, M. Accumulation of n, p, k and mg nutrient elements and nutrient remobilization indices in the biomass of two contrasting maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 21, n. 8, p. 2062-2071, 2012.
- THOMAS, E.D., et al. Comparison of corn silage hybrids for yield, nutriente composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2217–2226, 2001.
- TOLERA, A.; SUNDSTOL, F. Morphological fractions of maize stover harvested at different stage of grain maturity and nutritive value of different fractions of the stover. **Animal Feed Science and Technology**, v.81, p.1-16, 1999.
- TOLERA, A.; SUNDSTØL, F.; SAID, A.N. The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover. **Animal Feed Science and Technology**, v. 75, n. 2, p. 157-168, 1998.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, R.B. Effect of Temperature on Rate of Leaf Appearance and Flowering Date in Maize. **Crop Science**, v. 19, n. 3, p. 363-366, 1979.

USDA. **Grain: World Markets and Trade**. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis. 2007 < Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/commodities/corn>. > Acesso em 13 dezembro de 2017.

VALADARES FILHO, S.C., et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados–BR-Corte**. 2 ed. Suprema Gráfica, Viçosa. 2010.

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

WARD JR, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American statistical association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.

WATSON, S.A. Corn marketing processing and utilization. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Eds.). **Corn and corn improvement**. ASA, 1988. p.881-940.

WATSON, S.A. Description, development, structure, and composition of the corn kernel. In: WHITE, P.J., JOHNSON, L.A. (Eds.), **Corn Chemistry and Technology**. In: vol. 2. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, pp. 69–106. 2003.

WESTGATE, M.E.; OTEGUI, M.E.; ANDRADE, F.H. Physiology of the corn plant. In: SMITH C.W., BETRAN, J., e RUNGE E.C.A. **Corn: Origin, History, Technology and Production**. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, NJ, 2004.

WIERSMA, D.W. et al. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. **Journal of production agriculture**, v. 6, n. 1, p. 94-99, 1993.

WILKINSON, J.M.; RINNE, M. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. **Grass and Forage Science**. v.73, p.40-52, 2017

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G. et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 1993. p. 1–32.

ZOPOLLATTO, M.; SARTURI, J.O. Optimization of the animal production system based on the selection of corn cultivars for silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION. 2009. **Anais...** p. 73-90.

ZOPOLLATTO, M. et al. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 452-461, 2009.

ZOPOLLATTO, M. **Produtividade, composição morfológica e valor nutritivo de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para produção de silagem sob os efeitos da maturidade.** 2007. 228 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, USP, Piracicaba, 2007.