

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Instituto de Ciências Agrárias**

**Thalles Luis Martins Sousa**

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM  
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

**Unai**

**2021**



**Thalles Luis Martins Sousa**

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM  
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo  
Coorientador: M.Sc. Alessandro Ulrich

**Unai  
2021**



**Thalles Luis Martins Sousa**

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM  
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo  
Coorientador: M.Sc. Alessandro Ulrich

Data de aprovação 11 / 05 / 2021.

DocuSigned by:  
*Wagner Tompson Estanislau*  
11653451310941E...

---

Wagner Tompson Estanislau  
Engenheiro Agrônomo - DSc

*Amanda Gonçalves Guimarães*

---

Profa. Visitante Amanda Gonçalves Guimarães  
Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD/MS

*Alessandro Ulrich*

---

M.Sc. Alessandro Ulrich  
Faculdade de Ciências Agrárias - UFVJM

*Anderson*

---

Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo  
Faculdade de Ciências Agrárias - UFVJM

## ***Dedico,***

*Aos meus pais, **Vander e Cristina**, que me deram a vida e não somente isso, mas a minha educação.*

*Obrigado meus pais, por nunca ter me deixado faltar nada, pela paciência com meus defeitos, pelo carinho e amor que sempre tiveram comigo em todos os momentos da minha vida, pelo exemplo de humildade, dedicação, apoio e pela confiança que vocês têm em mim.*

*Por isso, devo a vocês pelo homem que sou hoje.*

***Sou muito grato, amo vocês!***

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, o qual me deu a vida, a Jesus que morreu para me salvar e ao Espírito Santo que me guia e me consola todos os dias da minha vida.

Aos meus pais que me proporcionaram todos os meios possíveis para a conclusão do meu curso, confiando e apoiando na minha pessoa, me influenciando positivamente para não desistir dos meus sonhos.

Aos professores Dr. Anderson Barbosa Evaristo e M.Sc. Alessandro Ulrich pelo interesse demonstrado na orientação deste trabalho.

A todos os professores da UFVJM *campus* Unaí pela amizade, dedicação e contribuição para a minha formação acadêmica.

Ao engenheiro agrônomo Wagner Tompson Estanislau que permitiu desenvolver esse trabalho com os híbridos da sua empresa.

Aos colegas e amigos do curso de Agronomia da UFVJM: Pedro Lucas, Lucas Oliveira, Luiz Henrique, Gabrielly Marques, Eurípedes Júnio, Sérgio Shigueo, Rodrigo Rezende e Gustavo Lopes que me ajudaram em algumas etapas à campo.

Ao meu professor Dr. Adalfredo Rocha Lobo Júnio pela amizade e por me ajudar em algumas etapas na parte escrita desse trabalho.

A todos os meus amigos de graduação pela amizade, momentos de descontração, convivência, apoio e principalmente pela ajuda que contribui para o meu crescimento humano como profissional.

A todos meus familiares que me apoiaram de alguma forma com meus estudos, pelo carinho e amor que todos têm por mim e por sempre me ajudarem em tudo que precisei.

À minha avó Geralda Aparecida por tudo que ela já fez por mim, pelo amor e carinho, conhecimento, sabedoria, experiência, ajuda na área financeira, espiritual e emocional, o qual contribuiu grandiosamente para a realização desse trabalho.

Enfim, desejo os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, nesse momento, imerecidamente não foram lembradas e não mencionadas, mas que de uma forma ou de outra sabem que me ajudaram na minha vida acadêmica.

**Muito Obrigado!**

Unaí, Minas Gerais,  
abril de 2021.  
O autor.





## RESUMO

Atualmente, o cultivo da cultura de milho é um dos que mais progrediu em termos de produtividade por área no Brasil, devido a evolução de novas tecnologias, métodos de semeadura e manejo que buscam otimizar a produção da cultura, visando atender o aumento da demanda de grãos. Dentre os manejos mais eficientes para o rendimento de grãos da cultura do milho está o manejo adequado e controle da população de plantas, que por sua vez, difere para cada região brasileira, calendário agrícola, tecnologia de cultivares e do tipo de solo a ser cultivado. Esse trabalho apresenta por hipótese o aumento da densidade de plantas compensada pela competição intraespecífica, aumentando conseqüentemente o rendimento de grãos. O objetivo desse trabalho foi avaliar os caracteres morfofisiológicos, caracteres de espiga e componentes de produção, submetido a diferentes populações em diferentes híbridos cultivados em sistema de plantio direto na segunda safra. O trabalho foi desenvolvido na segunda safra do ano agrícola de 2019/2020 na Fazenda Primavera, localizada no município de Unaí/MG, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso. O experimento foi realizado em um delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 3 repetições, totalizando 60 parcelas. Os tratamentos consistiram no cultivo de cinco híbridos de milho KWS (K9105VIP3, K9960VIP3, K9606VIP3, K9555VIP3 e K8774PRO3), com espaçamento de 0,5 m e submetidos às populações de 35.000, 50.000, 65.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Os dados foram analisados pelo programa estatístico R a 5% de significância, e uma análise de regressão foi aplicada no fator quantitativo (população) para a escolha do modelo (linear, quadrático ou cúbico) que melhor se ajustasse aos dados. Os híbridos não influenciaram em nenhuma variável, bem como a interação entre os fatores também não obteve efeito significativo. A população influenciou em todas as variáveis avaliadas, exceto para a variável altura de planta. O incremento da população influenciou negativamente a maioria dos caracteres de planta e espiga, exceto pelo rendimento de grãos que foi influenciado positivamente até a densidade populacional de 68.200 plantas ha<sup>-1</sup> com produtividade de grãos de 9.302 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L. Desempenho agrônômico. Densidade de plantas.



## ABSTRACT

Currently, the cultivation of corn is one of the most advanced in terms of productivity by area in Brazil, due to the evolution of new technologies, sowing and management methods that seek to optimize the production of the crop, meet the increased demand for grains. Among the most efficient managements for the grain yield of the corn crop is the adequate management and control of the plant population, which in turn differs for each Brazilian region, agricultural calendar, cultivar technology and the type of soil to be cultivated. This work hypothesizes the increase in plant density compensated by intraspecific competition, consequently increasing grain yield. The objective of this work was to evaluate the morphophysiological characters, ear characters and production components, submitted to different groups in different hybrids cultivated under no-tillage system in the second harvest. The work was developed in the second crop of the 2019/2020 agricultural year at Fazenda Primavera, located in the municipality of Unaí / MG, in a clayey dystrophic Red Latosol. The experiment was carried out in a randomized block design in subdivided plots, with 3 replications, totaling 60 plots. The treatments consisted of the cultivation of five KWS corn hybrids (K9105VIP3, K9960VIP3, K9606VIP3, K9555VIP3 and K8774PRO3), with 0.5 m spacing and occurrences of 35,000, 50,000, 65,000 and 80,000  $\text{he}^{-1}$ . The data were achieved using the statistical program R at 5% significance, and a regression analysis applied to the quantitative factor (population) to choose the model (linear, quadratic or cubic) that best fit the data. The hybrids do not bind in any variable, as well as an interaction between the factors also did not obtain a significant effect. The population influenced all variables evaluated, except for the plant height variable. The population increase had a negative influence on most of the plant and ear characters, except for the grain yield, which was positively influenced up to the population density of 68,200 plants  $\text{he}^{-1}$  with grain productivity of 9,302  $\text{kg he}^{-1}$ .

**Keywords:** *Zea mays* L. Agronomic performance. Plant density.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho. Fonte: Pioneer. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).....	27
<b>Figura 2.</b> Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica diária (mm) durante o período de condução do experimento no ano agrícola 2019/20. Fonte: INMET. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021). .....	34
<b>Figura 3.</b> Esquematização da parcela experimental. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021). Fonte: Elaborado pelo autor. ....	24
<b>Figura 4.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o diâmetro de colmo. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	29
<b>Figura 5.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a altura de inserção de espiga. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021). ....	30
<b>Figura 6.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a clorofila a. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	33
<b>Figura 7.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a clorofila b. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	33
<b>Figura 8.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a clorofila a/b. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	34
<b>Figura 9.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o comprimento de espiga. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021). ....	35
<b>Figura 10.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o diâmetro de espiga. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021). ....	36
<b>Figura 11.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o número de fileira de grãos por espiga. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	37
<b>Figura 12.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o número de grãos por fileira. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	38
<b>Figura 13.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a massa de mil grãos. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	39
<b>Figura 14.</b> Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a produtividade. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).....	41
<b>Figura 15.</b> Vista geral da área experimental (Latitude 16° 25' 27'' S e Longitude 47° 7'11'' W). UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021). ....	51
<b>Figura 16.</b> A: Semeadura manual dos híbridos, B: detalhe da matraca utilizada (direita). UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).....	52
<b>Figura 17.</b> Detalhe do desbaste manual. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021). ....	52

<b>Figura 18.</b> A: Colheita manual realizada aos 147 dias após a semeadura, B: Demonstra a colheita das duas linhas centrais de cada parcela. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	53
<b>Figura 19.</b> A: Debulha do milho utilizando uma trilhadora, B: coleta dos grãos em um balde. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	53
<b>Figura 20.</b> Pesagem dos grãos utilizando uma balança digital. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	54
<b>Figura 21.</b> A e B: Medição de umidade realizada logo após a pesagem dos grãos utilizando um medidor de umidade digital. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	54
<b>Figura 22.</b> Registro mostrando o estágio R1 da cultura, momento que foram realizadas as avaliações. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	55
<b>Figura 23.</b> Avaliação da altura de planta utilizando uma trena e medindo do solo até o nó da folha bandeira. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	55
<b>Figura 24.</b> A: Avaliação da altura de inserção de espiga utilizando uma trena, B: Medição do solo até o nó da inserção da espiga principal. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	56
<b>Figura 25.</b> Avaliação do diâmetro de colmo utilizando um paquímetro digital medindo o terceiro entrenó da planta. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	56
<b>Figura 26.</b> A e B: Avaliação dos teores de clorofila a e b utilizando um clorofilog Falker tirando a medida no centro da folha bandeira. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	57
<b>Figura 27.</b> Contagem simples do número de fileiras por espiga. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	57
<b>Figura 28.</b> A: Pesagem de 50 grãos para avaliação da massa de mil grãos (esquerda) e medição de umidade para conversão da massa para 13% (direita). UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021). .....	58

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Descrição sucinta dos tratamentos dos tratamentos estudados no experimento. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).....	35
<b>Tabela 2.</b> Principais características agronômicas dos híbridos de milho utilizados no estudo. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).....	23
<b>Tabela 3.</b> Número de plantas por metro e distância equidistante entre plantas na linha de semeadura para as diferentes populações. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).....	25
<b>Tabela 4.</b> Valores de probabilidade para o teste F a 5% de probabilidade na análise de variância realizada para as variáveis de milho em função das diferentes fontes de variação. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).....	28
<b>Tabela 5.</b> Produtividade em kg ha <sup>-1</sup> de cada híbrido nas diferentes populações de plantas. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).....	40





## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1</b>	<b>Cultura do milho</b> .....	<b>25</b>
2.1.1	<i>Origem</i> .....	25
2.1.2	<i>Importância econômica</i> .....	25
2.1.3	<i>Morfologia e botânica</i> .....	26
2.1.4	<i>Fisiologia</i> .....	27
<b>2.2</b>	<b>Cultivares / Melhoramento</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3</b>	<b>Aspectos fitotécnicos sobre densidade populacional</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4</b>	<b>Fatores climáticos</b> .....	<b>31</b>
2.4.1	<i>Precipitação</i> .....	31
2.4.2	<i>Radiação solar</i> .....	32
2.4.3	<i>Temperatura</i> .....	33
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Local do experimento</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Delimitação experimental</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracterização dos híbridos de milho</b> .....	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Parcelas experimentais</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>Plantio</b> .....	<b>24</b>
<b>3.6</b>	<b>Manejo da cultura</b> .....	<b>25</b>
<b>3.7</b>	<b>Colheita</b> .....	<b>26</b>
<b>3.8</b>	<b>Avaliações fitotécnicas</b> .....	<b>26</b>
3.8.1	<i>Caracteres morfofisiológicos</i> .....	26
3.8.2	<i>Caracteres de espiga</i> .....	27
3.8.3	<i>Rendimento de grãos</i> .....	27
<b>3.9</b>	<b>Análise estatística dos resultados</b> .....	<b>27</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracteres morfofisiológicos</b> .....	<b>28</b>
4.1.1	<i>Diâmetro de colmo</i> .....	28
4.1.2	<i>Altura de inserção de espiga</i> .....	30
4.1.3	<i>Altura de planta</i> .....	31
4.1.4	<i>Clorofilas</i> .....	32
<b>4.2</b>	<b>Caracteres de espiga e componentes de rendimento</b> .....	<b>34</b>
4.2.1	<i>Comprimento de espiga</i> .....	34
4.2.2	<i>Diâmetro de espiga</i> .....	35
4.2.3	<i>Número de fileiras de grãos por espiga</i> .....	36
4.2.4	<i>Número de grãos por fileira</i> .....	37
4.2.5	<i>Massa de mil grãos</i> .....	38
4.2.6	<i>Produtividade</i> .....	39
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE A – IMAGENS DO EXPERIMENTO</b> .....	<b>51</b>



## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) ganha destaque mundial entre os cereais, pois é utilizado na alimentação animal e humana, e para a produção de biocombustíveis (MENEGALDO, 2011). O Brasil é o 3º maior produtor de milho no mundo com produção estimada de 109 milhões de toneladas na safra 2020/21, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que é o maior produtor mundial e da China. Seu consumo tem aumentado nos últimos anos, projetando um consumo global recorde para 2020/21 de 1.156,2 milhões de toneladas, com os Estados Unidos liderando também o consumo mundial com 307,4 milhões de toneladas (FIESP, 2021).

Segundo a Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB, 2021) em um levantamento no mês de maio de 2021, no ano agrícola 20/21 a produção nacional de milho está estimada em 106,4 milhões de toneladas, representando um aumento de 3,7% em relação à safra anterior, sendo o estado de MT o maior produtor com aproximadamente 36,6 milhões de toneladas. Seu principal destino é para a produção de rações para o uso animal, mas possui uma ampla utilização, sendo empregado como alimento, assim como para o uso industrial e energético. Dessa forma torna-se uma ótima fonte de emprego para vários setores da economia, desde o campo até a comercialização de seus subprodutos.

Com projeções de a população mundial alcançar 9,8 bilhões em 2050 (FAO, 2017) a busca por aumento na produtividade desse cereal, torna-se cada vez mais importante. Nesse cenário, estão sendo feitas várias pesquisas que busca sistemas de manejos mais eficientes, de forma que aumente a eficiência nos sistemas de produção de grãos. Esses novos padrões de produção pretendem obter maiores produtividades, deixando o produtor brasileiro competitivo no mercado internacional. Dentre as práticas de manejo, o arranjo espacial e a população de plantas, são fatores que interferem consideravelmente na produtividade de grãos na cultura do milho (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2017).

O milho é uma cultura que possui uma boa resposta a alterações de populações, já que pelo simples fato de empregar diferentes populações em um mesmo espaçamento, a planta responde com algumas variações como número de grãos por espigas, número de espigas, diâmetro do caule, altura de planta e produtividade (FUMAGALLI et al., 2017).

Esta explicação está ligada devido à espécie *Zea mays* não dispor de um sistema de compensação de espaços tão eficiente quanto o sistema de outras espécies da família Poaceae, visto que dificilmente perfilha efetivamente, e por conter potencial limitado de expansão foliar e prolificidade (SANGOI et al., 2010).

A elevada população de plantas, embora proporcione ganhos de produtividade, normalmente influencia negativamente os componentes de rendimentos, independente do ciclo do híbrido. Logo, a seleção do arranjo de plantas apropriado é uma técnica de manejo relevante para melhorar o rendimento de grãos do milho (ZOZ et al., 2019).

Nesse contexto, se faz necessário estudar o comportamento de híbridos de milho em diferentes densidades populacionais, devido a possível influência do ambiente no desempenho dos híbridos de milho. A densidade populacional pode influenciar o ambiente em relação aos aspectos das interferências de plantas daninhas, pragas e doenças no milho, além da competição intraespecífica por água, luz e nutrientes. Assim, o objetivo dessa pesquisa é avaliar os caracteres agronômicos do milho safrinha em diferentes populações e híbridos de milho.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura do milho

#### 2.1.1 Origem

O milho (*Zea mays*) é uma monocotiledônea pertencente à família Gramineae/Poaceae, cultivada em várias regiões do mundo e originária no México há mais de 8.000 anos (BARROS & CALADO, 2014).

Segundo Lerayer (2006) no vale do Tehucan se encontrou a semente mais antiga do mundo, sendo chamado pelos maias de Teosinte ou “alimento dos deuses”, que por meio de um melhoramento genético ou atualmente mais conhecido como seleção artificial (feito pelo homem) deu origem ao milho.

Na América Central ainda pode se encontrar o Teosinte. Com o passar do tempo, a planta de milho sofreu uma significativa domesticação pelo ser humano por meio da seleção visual no campo, selecionando as características desejáveis para obter uma planta mais adaptada, como por exemplo, a produtividade, capacidade de adaptação climática e resistências a pragas e doenças, dentre outras, dando origem às grandes cultivares conhecidas atualmente.

#### 2.1.2 Importância econômica

O milho é uma das culturas de mais importância no mundo, tanto do ponto de vista social ou econômico (SOLOGUREN, 2015). Destaca-se por ser o grão mais produzido mundialmente. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) prevê, em seu 12º levantamento da safra mundial de milho 2020/21, uma produção global de 1.137,1 milhões de toneladas, 20,5 milhões de toneladas a mais que o registrado na safra anterior (1,8%). O milho também se destaca pelo seu alto consumo mundial: o USDA prevê um consumo global, estimado em 1.156,2 milhões de toneladas na safra 2020/21, o que supera em 28 milhões de toneladas o volume de 2019/20 (FIESP, 2021).

Segundo dados da CONAB (2021), a produção nacional de milho aumentou 3,7% em relação à safra anterior, com um total de 106,4 milhões de toneladas. Onde o estado de Mato Grosso se destaca com a maior produção nacional de milho, com uma produção total de 36,6 milhões de toneladas na safra de 2020/21.

O milho é cultivado por toda parte do território brasileiro, assumindo uma importância expressiva, tanto pelo volume de produção como pela extensão de área plantada. O seu principal destino é, principalmente, a produção de rações para o uso animal. Mas possui uma ampla utilização, abrangendo seu emprego como alimento, assim como para uso industrial e energético, devido possuir uma boa qualidade nutricional, pois possui todos os aminoácidos conhecidos, exceto a lisina e o triptofano. (BARROS & CALADO, 2014).

Devido à grande diversidade de genótipos, possui uma grande adaptabilidade, permitindo o seu cultivo em vários locais do mundo com climas diferentes, por exemplo, em regiões tropicais, subtropicais e temperados. (BARROS & CALADO, 2014).

### 2.1.3 *Morfologia e botânica*

Segundo Barros & Calado (2014), dentro da classificação botânica, o milho é pertencente à ordem Gramineae, família Poaceae, tribu Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L.

O milho é uma planta de característica monoica onde possui os dois órgãos reprodutivos na mesma planta, de característica alógama (fecundação cruzada e ao acaso), onde na parte superior da planta se encontra a panícula ou o pendão que é a parte masculina e a espiga é a feminina onde as sementes são formadas, essas particularidades são frutos da supressão da anatomia das gramíneas (MAGALHÃES et al., 2002).

A semente do milho é intitulada uma cariopse, contendo três divisões: a parte mais externa da semente chamada de pericarpo, o endosperma que é formado por carboidratos e o embrião contendo os primórdios dos órgãos da planta (BARROS & CALADO, 2014).

A estrutura radicular do milho é formada por raízes primárias e adventícias. As raízes adventícias ajudam na sustentação da planta, contudo também tem papel de absorver nutrientes. O crescimento das raízes acontece basicamente nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, o que faz com que possua uma maior intolerância ao estresse hídrico (MAGALHÃES et al., 1996).

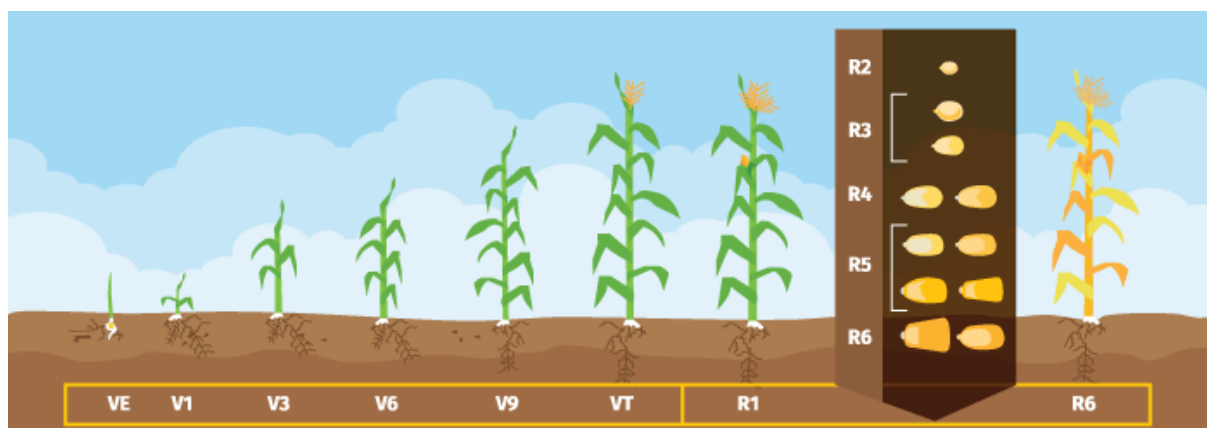
Ainda de acordo com Magalhães et al. (1996), o crescimento radicular da cultura do milho pode atingir até 3 metros de comprimento, quando não há impedimentos físicos e químicos no perfil solo e não há ocorrência de déficit hídrico durante o desenvolvimento da planta.

A planta de milho possui um caule ereto, denominado de colmo, segmentado de nós e entrenós denominados de meritalos. Esses meritalos são esponjosos e ricos em sacarose (BARROS & CALADO, 2014).

As folhas são estreitas, alternadas e inseridas nos nós, constituída por uma bainha de bordos serrilhados e uma nervura central expressiva (BARROS & CALADO, 2014).

#### 2.1.4 Fisiologia

Segundo Magalhães et al. (2002), o crescimento da planta de milho possui duas fases fisiológicas, vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa vai desde a germinação até a emissão da última folha antes do pendoamento e a fase reprodutiva vai do pendoamento até a maturação completa do grão (Figura 1).



**Figura 1.** Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho. Fonte: Pioneer. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).

Dessa maneira, cada fase vegetativa é determinada conforme o estágio de desenvolvimento do colar da bainha da folha, visto que a folha é tida desenvolvida quando o colar é perceptível, estabelecendo assim o estágio em que a planta se encontra (MAGALHÃES et al., 2002).

As folhas ainda se desenvolvem no meristema apical (ponto de crescimento da planta). Até o estágio V5 esse ponto de crescimento fica localizado abaixo da superfície do solo e todos os primórdios da espiga começam a se desenvolver (MAHANNA et al., 2017).

No momento em que a planta de milho contém 15 centímetros de altura, o caule e os primórdios das inflorescências masculinas e femininas encontram-se completamente formados, acontecendo apenas o aumento do tamanho de cada órgão (BARROS & CALADO, 2014).

Para a cultura do milho é interessante um número significativo de folhas entre a espiga e o pendão, elevando o aproveitamento e máxima interceptação da radiação solar, uma vez que essas folhas são encarregadas pela concentração de 50% a 80% da matéria seca dos grãos (MAGALHÃES et al., 1996).

O milho é uma planta que possui metabolismo C4 o que proporciona a ela uma elevada eficiência no emprego fotossintético evitando perdas de água por transpiração, porém é mais exigente em água em algumas fases como no florescimento e no enchimento de grãos, sendo sensível quando ocorre déficit hídrico, tornando significativo o arranjo de sementes, diminuindo dessa forma o auto sombreamento, aperfeiçoando a utilização da radiação solar e diminuindo a competição intraespecífica por água (MAGALHÃES et al., 1996).

## **2.2 Melhoramento**

Por ser uma planta cultivada há muito tempo o milho se adaptou com a seleção natural e domesticação, que gerou a planta encontrada no mercado hoje, que é ereta, sem perfilhamento e anual, sendo voltado para a produção de grãos (MAGALHÃES et al., 2002).

Pesquisas visando à obtenção do melhor arranjo espacial de plantas, nessa cultura, têm sido abordadas com maior constância, resultante das alterações morfológicas e genéticas manifestadas pelos híbridos atuais e da chegada de novos genótipos e estratégias de manejo para a cultura, aplicando-se híbridos com maior potencial de produção (ARGENTA et al., 2001b; SANGOI et al., 2006). Os programas de melhoramento de milho, têm-se explorado genótipos com alta resposta produtiva em maiores densidades populacionais, de 80 mil a 100 mil plantas por hectare, e sob espaçamentos entre linhas mais curtos (DOURADO NETO et al., 2003).

Geralmente, 50% da produtividade de uma lavoura é de responsabilidade da cultivar. Desse modo a escolha de uma cultivar adequada para o ambiente de produção é uma tarefa muito importante e difícil de fazê-la. No mercado há disponíveis cultivares de polinização aberta, as variedades, e de polinização controlada, os híbridos (simples, duplo e triplo) (FRITSCHÉ-NETO & MÔRO, 2015).

E quanto à escolha, é indispensável a seleção de cultivares tolerantes às doenças mais relevantes, para se evitar a perda de produtividade. No comércio de sementes, existe um domínio de cultivares precoces (72,5%), sendo os mais plantados na primeira e segunda safra. Com o elevado nível tecnológico, na cultura do milho, um aspecto que carece ser considerado é a resistência da planta ao acamamento e ao quebramento. Apesar de estas propriedades



também sejam afetadas pelo manuseio da lavoura, alteram com o cultivar (FRITSCHÉ-NETO & MÔRO, 2015).

Para obter um híbrido simples, é necessário que faça o cruzamento entre duas linhas puras, esse híbrido é de grande vigor, com um maior potencial produtivo, tendo um alto valor no mercado. Já o híbrido triplo é obtido através do cruzamento entre um híbrido simples e uma linha pura. Por fim o cruzamento entre dois híbridos simples resulta em um híbrido duplo, com baixo potencial produtivo, tendo um baixo valor no mercado. (BARROS & CALADO, 2014).

Para os projetos de melhoramento, a análise de híbridos experimentais é de extrema relevância tanto para posicionamento destes materiais nas distintas regiões que permitam posicionar as informações técnicas frente a aplicação futura destes materiais. Segundo Sangoi et al. (2002), um fator que contribuiu para o aumento do potencial de produção na segunda metade do século vinte foi o lançamento de híbridos de milho tolerantes ao aumento da densidade de plantas.

Os híbridos atuais mostram maior produtividade e são mais resistentes a condições adversas, como déficit hídrico e competição entre plantas, pois são mais adequados a altas densidades populacionais (SERPA et al., 2012). Esses híbridos têm atributos essenciais para o adensamento, como menor tamanho, subperíodo pendramento-espigamento mais rápido, folhas mais eretas e elevada capacidade de produção (MODOLO et al., 2010). Devido estas alterações introduzidas nos genótipos de milho atuais, torna-se essencial reavaliar as orientações práticas de manejo para novos genótipos, entre eles o espaçamento e a população dos híbridos de milho.

### **2.3 Aspectos fitotécnicos sobre densidade populacional**

Na produção de milho os espaçamentos entre linhas de cultivo não acompanha uma referência, apresentando assim uma ampla quantidade de espaçamentos que permitem ser manejados, sendo que os mais empregados são de 80 a 90 cm, todavia vem sendo estabelecido espaçamentos mais curto, que varia de 45 a 50 cm (CRUZ, 2009).

O emprego de espaçamento reduzido possibilita uma produtividade mais elevada de grãos, a eficiência da planta pela interceptação da radiação solar é melhorada, possui uma maior absorção de nutrientes e água, havendo um maior controle de plantas daninhas pelo melhor arranjo das plantas ocorrendo um fechamento acelerado da área pelas plantas (ARGENTA et al., 2001b).

A densidade de plantas é um dos principais aspectos que interferem no potencial da lavoura em captar recursos do ambiente (água, luz e nutrientes). Essa característica é especificamente essencial para culturas anuais, já que pode ser regulado safra a safra em razão de variadas interações entre genótipo e ambiente de produção (FOLONI et al., 2015).

Dessa maneira, a população de plantas apropriada é importante para o aumento na produção de grãos de milho, já que o arranjo espacial influencia a arquitetura, o desenvolvimento, a divisão de fotoassimilados e a produtividade de grãos (ALMEIDA et al., 2000). Fancelli & Dourado Neto (2000) discutem que uma das explicações para a baixa produção de milho é a aplicação de populações inapropriadas. Argenta et al. (2001b) mencionam que é importante reavaliar as indicações de densidade para a cultura do milho em virtude das alterações ocorridas nos híbridos com relação à altura de plantas, arquitetura das folhas, altura de inserção da espiga e aptidão produtivo.

O aumento na densidade de plantio aumenta a quantidade de plantas por área e, em consequência, a competição. Ao relacionar este incremento ao menor espaçamento entre linhas, tem-se um melhor uso da água, da radiação solar e dos nutrientes pelas plantas em uma área estabelecida, o que arrisca proporcionar elevadas produtividades por causa da distribuição mais equidistante das plantas e baixa competição inter e intraespecífica pelos elementos de produção (KAPPES et al., 2011a).

As cultivares de milho de porte pequeno, mais precoces, produzem pouca massa vegetal, diminuindo assim o auto sombreamento, o que permite uma maior incidência da luz solar, tolerando assim um plantio em espaçamentos menores e mais adensados que as cultivares de porte mais alto e ciclo tardio, que desenvolvem muita massa e afeta a penetração de luz (CRUZ et al., 2006). Dessa forma, diversos ambientes de produção podem possibilitar aumento na densidade de plantas variando a produtividade de grãos (MARCHÃO et al., 2005).

O milho possui baixa plasticidade fenotípica quando comparada à outras espécies da família Poaceae, raramente perfilha, não possui eficiência de expansão foliar (HANASHIRO; MINGOTTE; FORNASIERI FILHO, 2013). Os híbridos raramente perfilham, geralmente produzem apenas uma espiga por planta e não possui habilidade de compensar eventuais falhas de emergência na lavoura (SANTOS et al., 2012). A fim de se obter ganhos nos rendimentos de grãos, aconselha-se aumentar ao máximo a interceptação da radiação solar, escolha adequada da população de plantas.

O arranjo de plantas pode-se manejar através de alterações na população de plantas, no espaçamento entre linhas e na disposição de plantas na linha, no qual as variações no

distanciamento entre plantas na linha e nas entrelinhas concedem os distintos arranjos espaciais na lavoura (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2017).

Desse modo, a definição do melhor arranjo de plantas é de extremo valor para elevar o rendimento de grãos de milho, porque interfere diretamente na interceptação da radiação solar, que é o fator determinante para a produtividade de grãos, contando que outros elementos como água e nutrientes encontram-se acessíveis (BRACHTVOGEL et al., 2012).

Dente os modelos atuais de manejo do arranjo espacial, o que mais interfere na produtividade de grãos de milho é a população de plantas (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2017), uma vez que ela influencia no potencial da lavoura em assimilar recursos do ambiente (água, luz e nutrientes). Tal propriedade é especialmente essencial para culturas anuais, visto que é capaz de ser adaptado safra a safra em razão de distintas interações entre genótipo e ambiente de produção (FOLONI et al., 2015).

## **2.4 Fatores climáticos**

### *2.4.1 Precipitação*

O milho é uma cultura que não tolera o déficit hídrico, sendo capaz de haver perdas de rendimento ao longo de todo o ciclo produtivo. A fim de que a cultura alcance uma boa produção, é preciso precipitações de 400 a 600 mm de água durante o ciclo (FANCELLI, 2015b), alcançando assim ótimos índices produtivos, porém essa carência pode variar de acordo com a época e local de cultivo (CRUZ et al., 2006).

As fases do milho que mais exige água são na emergência, florescimento e formação do grão (COELHO, 2006). Contudo, no período entre 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o surgimento da inflorescência masculina (grãos leitosos), a demanda de fornecimento hídrico suficiente, associado a temperaturas ideais, torna este período extremamente delicado.

De acordo com Magalhães et al. (2002) se a planta estiver em estresse hídrico ela liga alguns procedimentos fisiológicos que elevam a tolerância da planta a esse estresse, capaz de causar alterações de desenvolvimento e perdas de produção final. Quando a planta de milho fica exposta dois dias ao estresse durante as fases mais críticas, a produtividade cai 20% e 50% quando exposta de quatro a oito dias.

#### 2.4.2 *Radiação solar*

A incidência de luz solar tem grande influência na cultura do milho, porque sem ela não acontece fotossíntese, não permitindo que a planta atinja o seu máximo potencial de produção (CRUZ et al., 2006).

De acordo com Magalhães et al. (1996) a fotossíntese é responsável pela produção da maior parte da matéria seca da planta do milho, porém o seu hábito de crescimento é um fator limitante pois causa sombreamento das folhas do baixeiro.

O pendão, responsável pela liberação do pólen no decorrer da floração e que se torna desnecessário após o florescimento, também pode prejudicar a interceptação da radiação solar, já que dependendo da cultivar pode causar um sombreamento de 19% (MAGALHÃES et al., 1996).

Em vista disso para obter um bom aproveitamento da luz solar é de extrema importância verificar o estande de plantas empregado, assim como o posicionamento das sementes no plantio pois proporciona um melhor arranjo das plantas melhorando a interceptação da radiação solar entre a população de plantas (MAGALHÃES et al., 1996).

A quantidade de radiação solar absorvida é um importante fator determinante da produtividade final de uma cultura. Vários estudos têm reportado relação linear entre fitomassa produzida e a energia radiante absorvida ao longo do ciclo para um grande número de espécies (TOLLENAAR & BRUULSEMA, 1988).

O aproveitamento por uma cultura da luz na faixa do espectro visível depende do índice de área foliar e de parâmetros físicos, biológicos e alométricos que determinam a absorção da radiação incidente (BARNI, 1994).

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho quando outros fatores ambientais são favoráveis (OTTMAN & WELCH, 1989).

A eficiência de utilização da radiação solar pelas culturas é baixa. Em milho, o arranjo de plantas constitui-se uma prática de manejo importante para potencializar o rendimento de grãos. O rendimento de grãos é dependente da fotossíntese e da respiração do dossel. Por sua vez, a fotossíntese do dossel é função da fotossíntese da folha e da interceptação da radiação solar. Já a interceptação da radiação solar é influenciada pelo índice de área foliar, ângulo da folha, interceptação de luz por outras partes da planta, distribuição de folhas (arranjo de folhas na planta e de plantas no campo), características de absorção de luz pela folha e pela

quantidade de radiação incidente. Destes fatores, apenas a quantidade de radiação solar não é afetada pela escolha do arranjo de plantas.

A aplicação do melhor arranjo populacional aumenta a produtividade de grãos da cultura do milho, dado que melhora a interceptação da radiação solar pelas plantas (VITORAZZI et al., 2017). Portanto, a escolha do arranjo de plantas adequado é uma das práticas de manejo mais importante para otimizar o rendimento de grãos de milho, pois afeta diretamente a interceptação de radiação solar, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (LOOMIS & WILLIAMS, 1963; OTTMAN & WELCH, 1989; SINCLAIR, 1993; EVANS, 1993; LOOMIS & AMTHOR, 1999).

### 2.4.3 *Temperatura*

A temperatura influencia diretamente sobre o ciclo da cultura, impactando os processos metabólicos que acontecem dentro da planta. Atuando do seguinte modo: se aumentar a temperatura, logo o metabolismo da planta acelera, podendo encurtar o ciclo da planta, se no decorrer do cultivo diminuir a temperatura, logo o metabolismo da planta diminui, podendo alongar o ciclo da cultura (MAGALHÃES et al., 1996).

Para que o crescimento da cultura aconteça de forma adequada, a temperatura ideal para o milho está entre 25°C e 30°C, com temperatura basal de 10°C e máxima de 42°C (SANGOI et al., 2010) e se a temperatura atingir uma temperatura abaixo de 10°C o desenvolvimento da cultura fica nulo (CRUZ et al., 2006).

As temperaturas noturnas também têm grande importância no desenvolvimento da planta de milho, já que é no decorrer da noite que sucede o crescimento, logo dias com temperatura mais quentes e noites mais frias possibilita o desenvolvimento (MAGALHÃES et al., 1996).

No decorrer do desenvolvimento do ciclo o milho precisa acumular unidades calóricas que diferem em cada fase, estas são indispensáveis para que cada fase do ciclo seja capaz de se completar, sendo calculadas a partir da soma térmica diária (CRUZ et al., 2006). Cultivares de ciclos normais exigem 890 a 1200 graus-dias (G.D.), as precoces de 831 a 890 G.D., e as superprecoces de 780 a 830 G.D. (EMBRAPA, 2010).

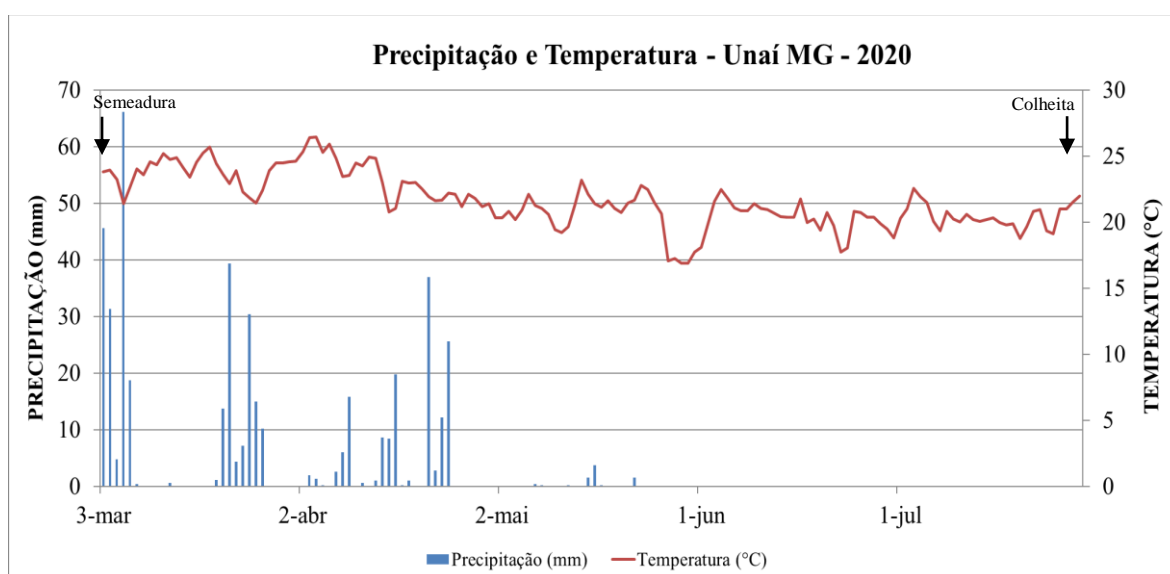
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em condições de campo no período da agrícola da segunda safra (safrinha) 2020 na Fazenda Primavera, localizada no município de Unaí, estado de Minas Gerais, situada nas coordenadas geográficas: Latitude 16° 25' 27'' S e Longitude 47° 7' 11'' W (Apêndice - Figura 15), com altitude média de 985 m. A área experimental é de sequeiro com cultivo em sistema de plantio direto, sucedendo a cultura da soja.

O solo predominante onde o experimento foi conduzido foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. E o clima da região é classificado como Aw de acordo com a Köppen e Geiger, definido como tropical úmido de estação chuvosa no verão e inverno seco.

Os dados pluviométricos e de temperatura da região do dia da semeadura até o dia da colheita estão apresentados na Figura 2 de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).



**Figura 2.** Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica diária (mm) durante o período de condução do experimento no ano agrícola 2019/20. Fonte: INMET. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).

#### 3.2 Delimitação experimental

Para a realização do experimento foram estabelecidos vinte tratamentos (Tabela 1), os quais resultaram da combinação dos fatores híbridos de milho e população de plantas. Os

híbridos utilizados foram os seguintes: K9105 VIP3; K9960 VIP3; K9606 VIP3; K9555 VIP3 e K8774 PRO3. O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre linhas. As populações utilizadas foram 35.000, 50.000, 65.000 e 80.000 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Foi utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) em parcelas subdivididas, onde os híbridos de milho foram considerados parcelas e as populações de plantas foram consideradas as subparcelas, com três repetições, totalizando 60 parcelas.

**Tabela 1.** Descrição sucinta dos tratamentos dos tratamentos estudados no experimento. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

<b>Tratamento</b>	<b>Híbrido</b>	<b>População<sup>(1)</sup></b>
1	K9105 VIP3	35.000
2	K9105 VIP3	50.000
3	K9105 VIP3	65.000
4	K9105 VIP3	80.000
5	K9960 VIP3	35.000
6	K9960 VIP3	50.000
7	K9960 VIP3	65.000
8	K9960 VIP3	80.000
9	K9606 VIP3	35.000
10	K9606 VIP3	50.000
11	K9606 VIP3	65.000
12	K9606 VIP3	80.000
13	K9555 VIP3	35.000
14	K9555 VIP3	50.000
15	K9555 VIP3	65.000
16	K9555 VIP3	80.000
17	K8774 PRO3	35.000
18	K8774 PRO3	50.000
19	K8774 PRO3	65.000
20	K8774 PRO3	80.000

**Legenda:** <sup>(1)</sup> plantas ha<sup>-1</sup>.

### 3.3 Caracterização dos híbridos de milho

As cultivares utilizadas são híbridos comerciais de milho grão, sendo um dos mais utilizados na região do experimento para essa determinada finalidade, cujas características agronômicas de cada híbrido de acordo com a empresa produtora das sementes, são apresentadas na Tabela 2.





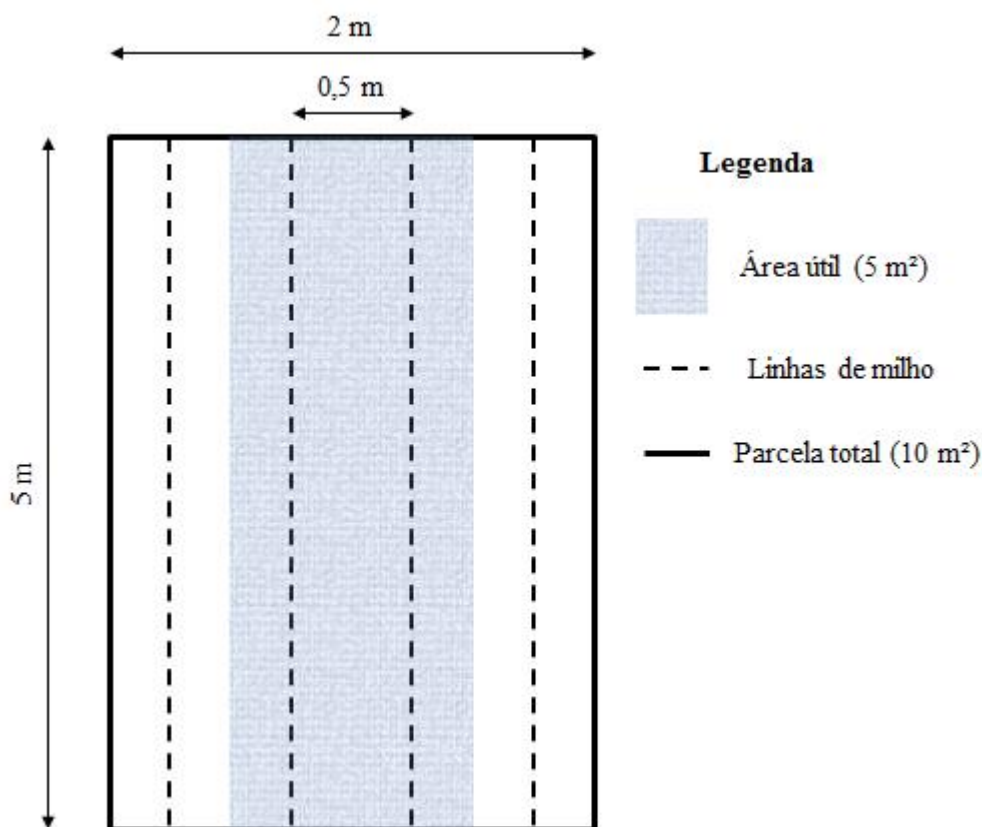
**Tabela 2.** Principais características agrônômicas dos híbridos de milho utilizados no estudo. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).

Característica	Híbrido				
	K9105 VIP3	K9960 VIP3	K9606 VIP3	K9555 VIP3	K8774 PRO3
Nível Tecnológico	Alto Investimento	Alto Investimento	Medio/Alto Investimento	Alto Investimento	Alto Investimento
Germoplasma	Tropical	Trop/Sub-trop	Trop/Sub-trop	Trop/Sub-trop	Trop/Sub-trop
Uso	Grãos e Silagem	Grãos e Silagem	Grãos e Silagem	Grãos e Silagem	Grão e Silagem
Ciclo	Precoce	Precoce	Precoce	Médio	Precoce
GDU	810	820	820	820	810
Altura de Planta (cm)	225 - 240	240 - 260	230 - 240	240 - 260	235 - 250
Nº de Fileiras de Grãos	16 a 18	16 a 18	16 a 18	18 a 20	16 a 18
Inserção Espiga (cm)	125 - 135	140 - 155	130 - 140	140 - 155	105 - 115
Arquitetura	Semiereta	Semiereta	Semiereta	Semiereta	Semiereta
Cor do Grão	Amarelo-alaranjado	Alaranjado	Alaranjado	Alaranjado	Amarelo-alaranjado
Textura do Grão	Semiduro	Semiduro	Semiduro	Semiduro	Semiduro
Peso 1.000 Grãos	364 gramas	345 gramas	380 gramas	345 gramas	360 gramas
Peso Hectolitro	760 gramas	745 gramas	730 gramas	745 gramas	SI
Sabugo	Branco	Branco	Branco	Branco	Vermelho
Macroambientes	1, 2, 3 e 4	1, 2, 3,4 e 5	1, 2, 3, 4 e 5	1, 2, 3 e 4	1, 2, 3, 4 e 5
População recomendada (1.000 plantas ha <sup>-1</sup> )*	50	50	50 a 60	50 a 55	55 a 60

**Legenda:** Trop/Sub-trop – Tropical/Sub-tropical; GDU – Unidade de grau de crescimento; SI – Sem informação. População recomendada para época de plantio Safrinha em semeadura no período normal para essa época, para região Tropical alta (altitude superior a 900m), fonte: kws.com (2021).

### 3.4 Parcelas experimentais

As unidades experimentais foram compostas por quatro fileiras de milho espaçadas a 0,5 metros e 5 metros de comprimento, sendo assim uma área de 10 m<sup>2</sup> por unidade experimental. Todas as variáveis mensuradas foram realizadas nas duas fileiras centrais (Figura 3), desconsiderando as externas (bordaduras) pela interação com o ambiente. Portanto, a área útil do experimento foi de 5 m<sup>2</sup>.



**Figura 3.** Esquemática da parcela experimental. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).  
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.5 Plantio

A semeadura foi realizada no dia 03 de março de 2020, de forma manual com o auxílio de matracas (Apêndice - Figura 16) em uma profundidade de 4 cm, espaçadas de acordo com as populações de plantas desejadas (Tabela 3), regulando com uma trena a distância entre covas corretas. Foram semeadas duas sementes por cova nas duas linhas centrais de cada parcela, para promover o estande adequado. Vale ressaltar que a abertura dos sulcos e a distribuição do fertilizante foram realizadas com semeadora específica para o

sistema de plantio direto, onde foi depositado adubo mineral no sulco de plantio na quantidade de 250 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado com nitrogênio e fósforo 13% N – 33% P.

**Tabela 3.** Número de plantas por metro e distância equidistante entre plantas na linha de semeadura para as diferentes populações. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

<b>População almejada (plantas ha<sup>-1</sup>)</b>			
<b>35.000</b>	<b>50.000</b>	<b>65.000</b>	<b>80.000</b>
<b>Número de plantas por metro</b>			
1,75	2,5	3,25	4,0
<b>Distância entre plantas na linha de semeadura (cm)</b>			
57,1	40,0	30,8	25,0

O desbaste das duas linhas centrais de cada parcela foi realizado 15 dias após a semeadura (DAS) (18/03/2020), quando as plantas se encontravam no estágio fenológico V3. As plantas foram desbastadas manualmente (Apêndice - Figura 17), arrancando pela raiz para que não ocorresse rebrota.

### 3.6 Manejo da cultura

Durante a condução da cultura foi realizada as devidas práticas de acordo com a sua necessidade. Aos 22 DAS (25/03/2020) foi aplicado a dose de 1,7 kg ha<sup>-1</sup> de atrazina (Atrazina, 500 g L<sup>-1</sup> g i.a., SC, Nortox), 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de glifosato (Roundup WG, 792,5 + 720 g kg<sup>-1</sup> g i.a., SC, Nortox), e 0,8 kg ha<sup>-1</sup> de acefato (Acefato, 750 g Kg<sup>-1</sup> g i.a., SP, Nortox) para o controle de plantas daninhas e cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) Dia 07 e 08 de Abril foi aplicado 5 litros ha<sup>-1</sup> de condicionador de solo (MOL Top, 115 + 126,5 + 11,5 g L<sup>-1</sup> g i.a., Aminoagro) para melhorar a estrutura química, física e biológica do solo, já que estimula o aumento dos microorganismos e a liberação dos nutrientes e 1 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (MagnésioULTRA, 1 + 11,8 + 9 + 100 % P/P, Multitécnica) para a correção de magnésio na lavoura respectivamente, e uma aplicação para lagarta também foi realizada. Em 13 de abril foi aplicado 2 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante Mg (MagnésioULTRA, 1 + 11,8 + 9 + 100 % P/P, Multitécnica), 1 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante B (Multiboro, 17 % P/P, Multitécnica) para a prevenção e correção de boro e um inseticida. Dia 28 de abril várias aplicações foram feitas, sendo elas: 0,350 litros ha<sup>-1</sup> de fungicida piraclostrobina + epoxiconazol (Abacus, 260 + 160 g L<sup>-1</sup> g i.a., SC, Basf) e 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de fungicida mancozebe (Mancozebe, 260 + 160 g L<sup>-1</sup> g i.a., WG, Nortox) ambos para prevenção de algumas doenças como a ferrugem; 0,300 litros ha<sup>-1</sup> de inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno, 141 + 106 g L<sup>-1</sup> g i.a., ZC,

Syngenta) para controle de *Spodoptera frugiperda* (Lagarta do cartucho) e alguns percevejos como *Dichelops melacanthus* (Percevejo barriga verde); 0,400 litros ha<sup>-1</sup> de adjuvante (Óleo Vegetal, 930 g L<sup>-1</sup> g i.a., EC, Nortox); 2 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante Mg (MagnésioULTRA, 1 + 11,8 + 9 + 100 % P/P, Multitécnica); 1 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante B (Multiboro, 17 % P/P, Multitécnica) e mais um inseticida. As últimas aplicações foram feitas no dia 18 de maio onde foram aplicados 0,350 litros ha<sup>-1</sup> de fungicida azoxistrobina + ciproconazol (Priori Xtra, 200 + 80 g L<sup>-1</sup> g i.a., SC, Syngenta) e 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de fungicida mancozebe (Penncozeb, 750 g Kg<sup>-1</sup> g i.a., WG, UPL) para a prevenção e controle de algumas doenças como, mancha de *phaeosphaeria* (mancha branca) e cercosporiose; 0,7 kg ha<sup>-1</sup> de acefato (Perito, 970 g Kg<sup>-1</sup> g i.a., SG, UPL) para controle de cigarrinha e alguns percevejos e 0,400 litros ha<sup>-1</sup> de Óleo Vegetal.

### 3.7 Colheita

A colheita foi realizada aos 147 DAS. Foram colhidas manualmente (Apêndice - Figura 18), as duas linhas centrais de cada parcela. Após a quebra e coleta das espigas, elas foram levadas à trilhadora para a debulha (Apêndice - Figura 19). Logo após a debulha de cada parcela, foi pesada a massa dos grãos utilizando uma balança digital (Apêndice - Figura 20) e realizada a medição de umidade de cada tratamento utilizando um medidor de umidade digital (Apêndice - Figura 21).

### 3.8 Avaliações fitotécnicas

#### 3.8.1 Caracteres morfofisiológicos

Para a avaliação dos caracteres morfofisiológicos, foram feitas avaliações de altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo e clorofila, aos 44 DAS (dias após a semeadura) no estágio R1 (Apêndice - Figura 22), avaliando cinco plantas aleatoriamente da área útil de cada parcela.

Para a avaliação da altura de planta, foi utilizada uma trena, onde foi medido da base da planta rente ao solo até o nó da folha bandeira (Apêndice - Figura 23). Para a altura de inserção de espiga também foi utilizada uma trena, onde se mediu da base da planta rente ao solo até o nó da inserção da espiga principal da planta (Apêndice - Figura 24). No diâmetro de colmo, utilizou-se um paquímetro eletrônico, onde foram feitas duas medidas em cada planta, pois o colmo geralmente é oval, essas medidas foram feitas todas no terceiro entrenó da planta

(Apêndice - Figura 25). Para a avaliação da clorofila, foi utilizado um clorofilog Falker, fazendo a medição da clorofila a e b sempre no centro da folha bandeira da planta (Apêndice - Figura 26).

### 3.8.2 *Caracteres de espiga*

Foram realizadas avaliações nas espigas e nos grãos após a colheita. Nas espigas foi avaliado o diâmetro de três espigas por parcelas com o auxílio de um paquímetro eletrônico medindo sempre no meio das espigas; comprimento da espiga utilizando uma trena, medindo da base da espiga até o ápice; contagem simples do número de fileiras por espiga (Apêndice - Figura 27) e número de grãos por fileira de cinco espigas por parcela; foi avaliada também a massa de mil grãos (MMG), fazendo quatro pesagens de cinquenta grãos de cada tratamento, depois foi feito a conversão para mil grãos a 13% de umidade (Apêndice - Figura 28).

### 3.8.3 *Rendimento de grãos*

Para avaliação da produtividade foram coletadas as espigas de todas as plantas das duas linhas centrais que é a área útil da unidade experimental. Após a colheita as espigas foram debulhadas e pesadas, e realizada a medição de umidade de cada parcela. Obtendo assim a massa real de cada tratamento, depois foi convertida a uma umidade de 13%, e calculando a produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

## **3.9 Análise estatística**

Análises de variância foram realizadas para todas as variáveis segundo um delineamento em blocos casualizados em um esquema de parcelas subdivididas, em que o fator híbrido (K9105 VIP3, K9960 VIP3, K9606 VIP3, K9555 VIP3 e K8774 PRO3) foi considerado como parcela e o fator população de plantas (35.000, 50.000, 65.000 e 80.000 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) foi considerada como subparcela. Um efeito foi considerado significativo a um nível de probabilidade de 5% ou menor. Caso houvesse efeito significativo no fator qualitativo (híbrido), o teste de Duncan seria aplicado para discriminar as médias. Por outro lado, no fator quantitativo (população), uma análise de regressão foi aplicada para a escolha do modelo (linear, quadrático ou cúbico) que melhor se ajustasse aos dados, no caso de duas ou mais equações apresentarem significância, foi feita a opção por aquela com maior

valor de R<sup>2</sup>. As análises de variância e de regressão dos dados foram conduzidas usando o software R (RStudio Team, 2020).

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Apenas o fator população teve efeito significativo em todas as variáveis estudadas, com excessão da característica altura de planta (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores de probabilidade para o teste F a 5% de probabilidade na análise de variância realizada para as variáveis de milho em função das diferentes fontes de variação. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).

Variáveis	Fonte de variação		
	Híbrido (H)	População (P)	H × P
DC (mm)	0,9970	<0,0001	0,8612
AE (cm)	0,8191	0,0002	0,7378
AP (cm)	0,9914	0,0506	0,5274
CLOR a (ICF)	0,1915	<0,0001	0,2045
CLOR b (ICF)	0,6203	<0,0001	0,5503
CLOR a/b (ICF)	0,8964	<0,0001	0,7904
CE (cm)	0,3996	<0,0001	0,2281
NF	0,7284	0,0012	0,7964
NG	0,2620	<0,0001	0,7817
DE (mm)	0,8207	<0,0001	0,1467
MMG (g)	0,6601	<0,0001	0,1516
PD (kg/ha)	0,6702	<0,0001	0,1546

**Legenda:** DC = diâmetro de colmo; AE = altura de inserção de espiga; AP = altura de planta; CLOR a = clorofila a; CLOR b = clorofila b; CLOR a/b = clorofila a/b; CE = comprimento de espiga; NF = número de fileiras de grãos por espiga; NG = número de grãos por fileira; DE = diâmetro de espiga; MMG = massa de mil grãos; PD = produtividade.

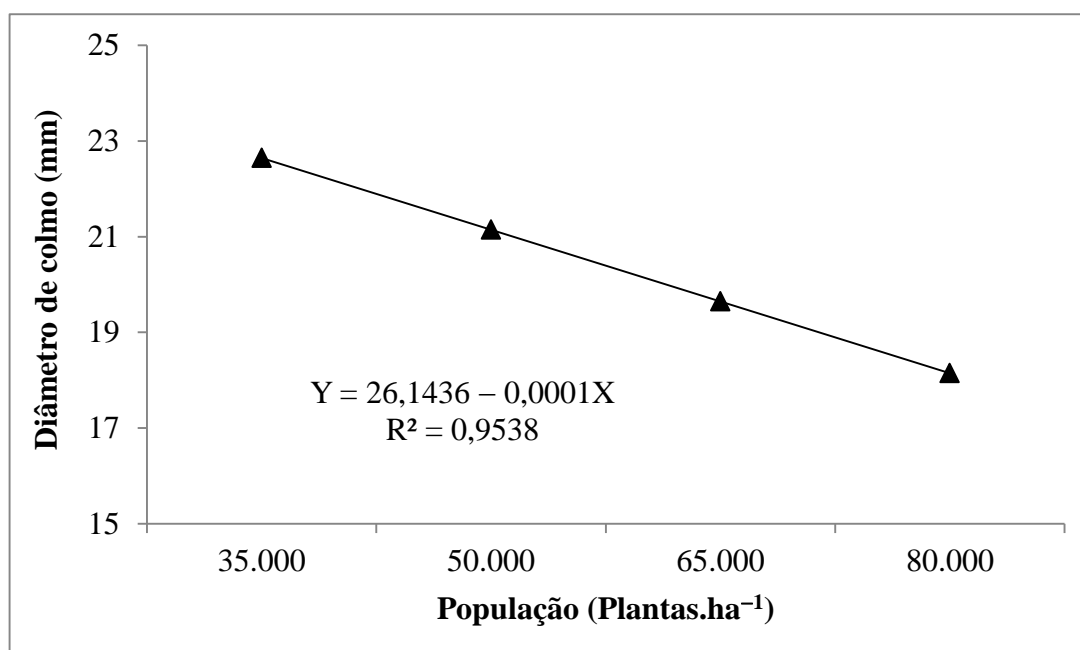
#### 4.1 Caracteres morfofisiológicos

##### 4.1.1 Diâmetro de colmo

No presente estudo, o diâmetro de colmo foi influenciado pela população, já os híbridos e a interação desses fatores não influenciaram essa variável (Tabela 4). Com o aumento da população de 35.000 a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> o diâmetro de colmo diminuiu linearmente (Figura 4), concordando com os trabalhos de Zucareli et al. (2019), Kappes et al. (2011a), Brachtvogel et al. (2012) e Da Silva et al. (2014), que também observaram diminuição no diâmetro de colmo com o aumento da população.

De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), o crescimento do colmo se dá a partir da emissão da oitava folha e se estende até o florescimento, visto que a função do colmo não é apenas o suporte de folhas e inflorescência, mas também atua como estoque de sólidos solúveis que são destinados para a formação dos grãos. Desse modo, o diâmetro do colmo ocupa um papel importante para obter uma alta produtividade, visto que ele acumula fotoassimilados que serão destinados ao enchimento de grãos.

As plantas quando submetidas a altas populações, devido à competição intraespecífica, elas buscam um crescimento acima do dossel para evitar o sombreamento e captar a luz solar, desse modo os fotoassimilados são destinados para promover um crescimento acelerado, reduzindo assim outras partes da planta como, por exemplo, o diâmetro de colmo (TAIZ & ZEIGER, 2017).



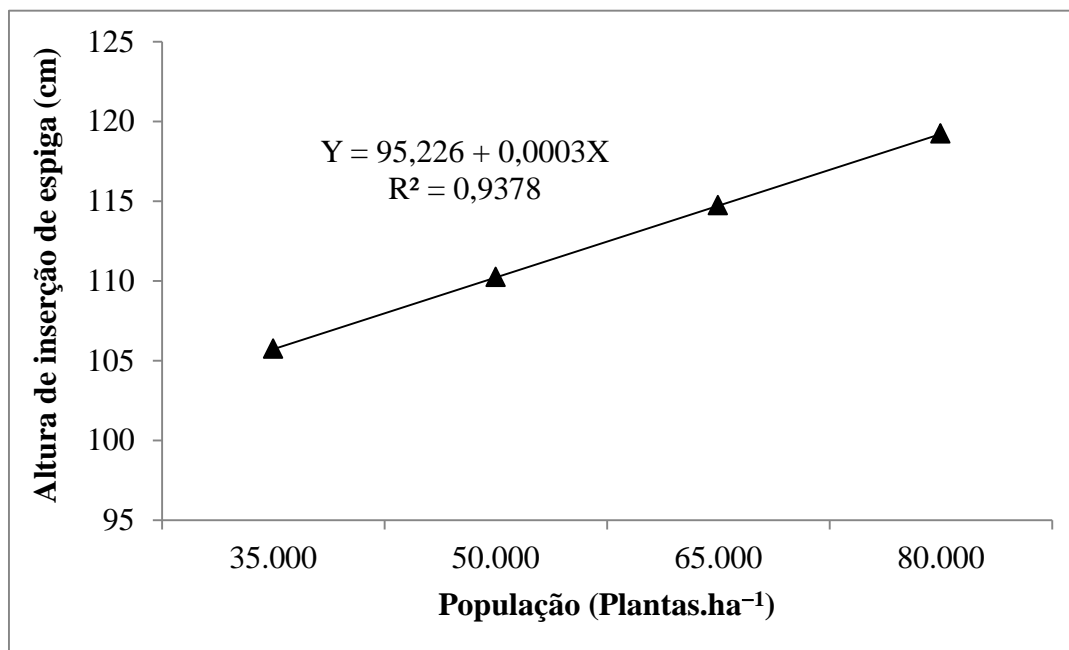
**Figura 4.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o diâmetro de colmo. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

Outro fato é que o aumento da densidade populacional pode ter reduzido a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, comprometendo a matéria seca e diminuindo o diâmetro. Segundo Gross, Von Pinho & Brito (2006) o aumento da população de plantas provoca competição intraespecífica pelos recursos do meio, interferindo na massa individual de cada planta, especialmente do colmo. Com isso, infere-se que com o aumento da densidade populacional as plantas ficam susceptíveis ao quebramento e acamamento

comprometendo a produtividade da lavoura, porém há diferenças entre genótipos, onde alguns suportam densidades mais altas.

#### 4.1.2 Altura de inserção de espiga

Para a altura de plantas não houve interação significativa entre os fatores estudados, também não houve efeito significativo entre os híbridos, apenas para a população houve diferenças significativas (Tabela 4). Com o aumento da população, a altura de inserção de espiga aumentou linearmente (Figura 5), colaborando com alguns autores que em seus trabalhos também observaram esse mesmo efeito (ZUCARELI et al., 2019; KAPPES et al., 2011b; DA SILVA et al., 2014; CALONEGO et al., 2011). Porém, alguns autores como, Pereira et al. (2018), Kopper et al. (2017) e Wilhelm (2017) não observaram esse efeito com o aumento da densidade populacional.



**Figura 5.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a altura de inserção de espiga. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

Uma avaliação importante na cultura do milho é a altura de inserção de espiga, já que plantas com maior altura de inserção de espiga podem ser mais suscetíveis ao acamamento e quebramento (FARINELLI et al., 2012). O milho destina 50% da sua fitomassa total para os grãos ao final do ciclo, com isso quanto maior a relação da altura de inserção de espiga e altura de planta, mais distante está o seu centro de gravidade e maior a chance de



quebramento e acamamento. Por isso a menor altura de inserção de espiga, é alvo para os melhoristas dessa cultura.

Tal fato mostra que a alongação celular é estimulada pela baixa oxidação de auxinas, resultante da proximidade das plantas e com isso, os entrenós são mais alongados (SANGOI et al., 2002), aumentando assim a altura da inserção de espiga. O fato do aumento da inserção de espiga também pode ser explicado pela competição intraespecífica das plantas por luminosidade, onde a planta cresce em busca de luz e conseqüentemente a altura de inserção também cresce junto. No trabalho de Calonego et al. (2011), verificaram que com o maior número de plantas  $ha^{-1}$  houve um crescimento maior na altura das plantas, e conseqüentemente na altura de inserção de espiga.

#### 4.1.3 *Altura de planta*

Na análise de variância, a altura de planta não houve diferença significativa para nenhum fator estudado (Tabela 4), concordando com Kopper et al. (2017) e Pereira et al. (2018) que também não encontraram efeito significativo para a altura de plantas em diferentes populações. Porém discorda de alguns autores (ZUCARELI et al., 2019; CALONEGO et al., 2011) que verificaram um aumento significativo na altura de planta à medida que elevou a densidade populacional.

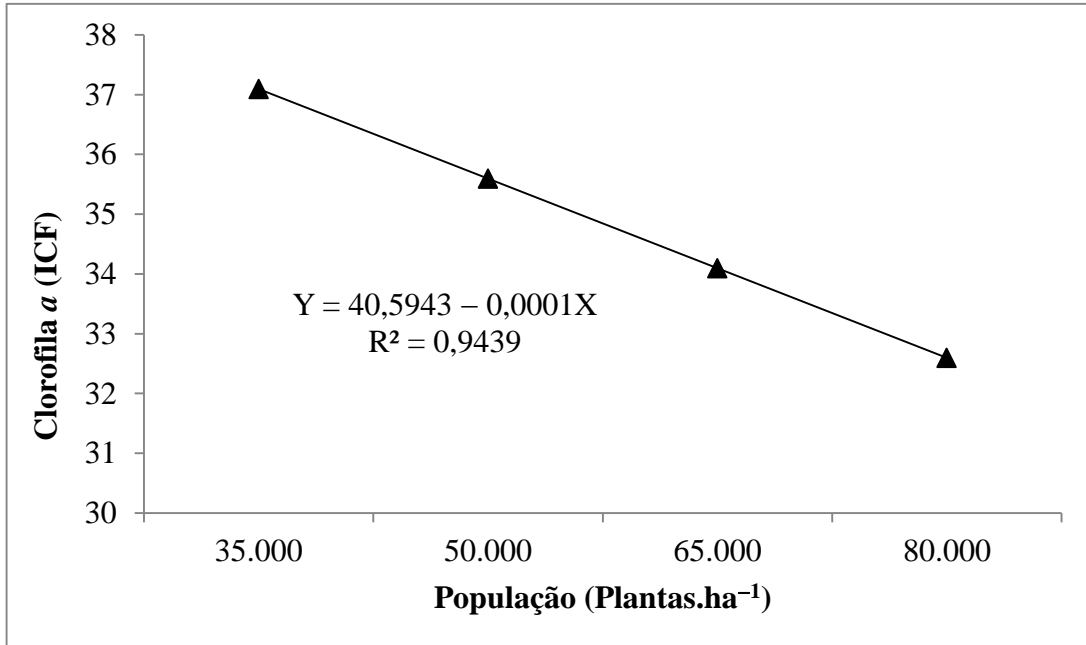
Essa resposta está ligada à competição intraespecífica por luz, onde sob altas densidades a luz não atinge o ponto de crescimento da planta e, portanto, menos auxina é degradada, estimulando assim a divisão e alongação celular, formando plantas de porte mais alto (SANGOI et al., 2002). Segundo Brachtvogel et al. (2012) as plantas foram influenciadas pela população de forma quadrática, onde à medida que se aumentou a população, também aumentou a altura de planta, até um certo ponto.

Os híbridos sofrem algumas alterações na arquitetura nos programas de melhoramento (ALMEIDA et al., 2000), e a menor altura de planta tem sido um caractere alvo dos produtores de milho por permitir plantios mais adensados (MUNDSTOCK, 1977) e aumentar a eficiência na colheita mecânica, além de reduzir problemas relacionados ao quebramento e acamamento das plantas antes da colheita. Outro fator importante para plantas de porte mais baixo, é a maior incidência de luz solar mesmo em altas densidades, evitando assim a competição intraespecífica por recursos do meio.

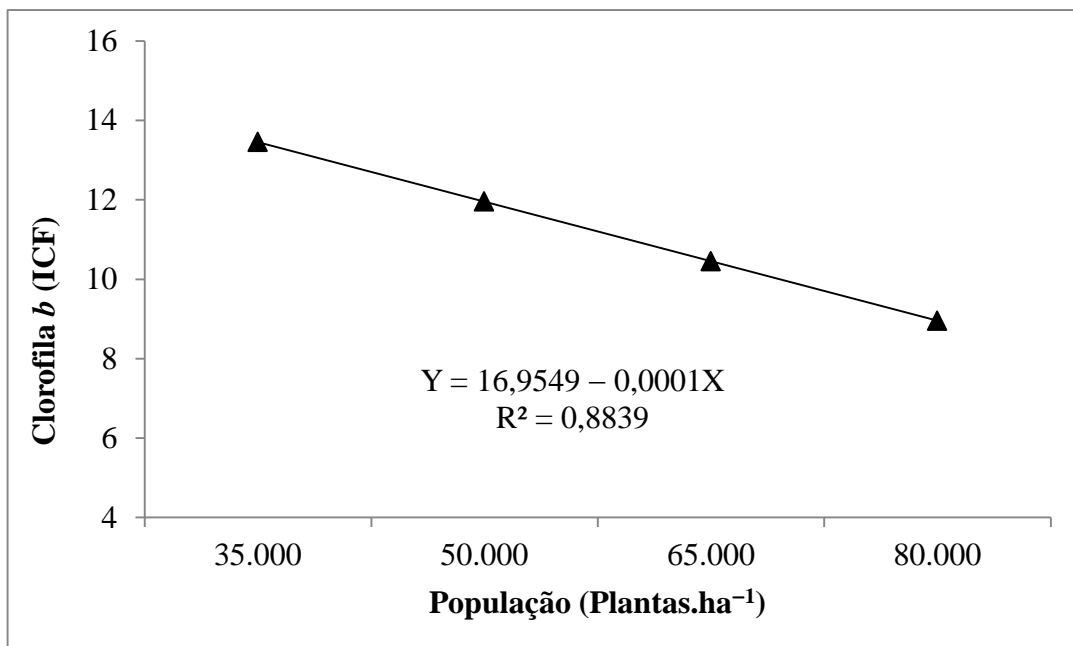
#### 4.1.4 Clorofilas

Tanto da clorofila *a*, *b* e *a/b* para essa variável, houve diferença significativa apenas para a população, *p* Para os híbridos e para a interação não houve diferença estatística (Tabela 4). Com o aumento da população de plantas, as clorofilas *a* e *b* diminuíram linearmente (Figura 6 e 7), diferentemente da relação clorofila *a/b* que aumentou junto com o aumento da densidade de plantas (Figura 8). Isso mostra que a clorofila *b* foi mais afetada pelo incremento na população do que a clorofila *a*. Esse resultado conclui que com o aumento da população de plantas, houve uma competição intraespecífica por nutrientes pelas plantas, onde diminuiu a absorção de nitrogênio, visto que o teor de clorofila está correlacionado com o teor de N na planta (Piekielek et al., 1995). Pode se aferir que com o aumento da população de plantas a taxa fotossintética diminuiu visto que os teores de clorofilas abaixaram, comprometendo vários componentes de produção, uma vez que a fotossíntese é responsável pela produção de fotoassimilados destinados à várias partes da planta para uma boa produção.

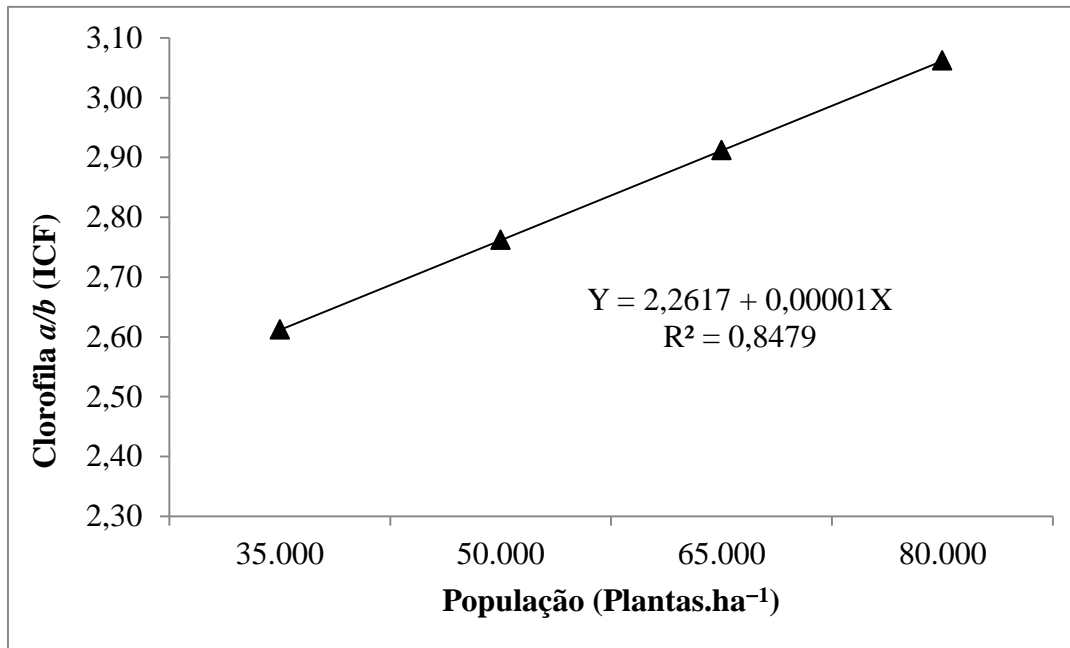
A clorofila é o principal pigmento da fotossíntese, onde realiza a absorção da luz nos comprimentos de onda azul e vermelho, refletindo os outros comprimentos de ondas, mais evidente o verde. Geralmente nas plantas, a clorofila *b* é 1/3 da quantidade de clorofila *a* e sua função está mais ligada à transferência de fótons para a clorofila *a*, pela qual é importante em períodos de baixa luminosidade (CID & TEXEIRA, 2017). Argenta et al. (2001a) relataram ser vantajoso o método de leitura de clorofila, uma vez que pode ser efetuado em poucos minutos, possibilitando rápidos diagnósticos da situação da lavoura.



**Figura 6.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a clorofila a. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).



**Figura 7.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a clorofila b. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).



**Figura 8.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a clorofila a/b. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

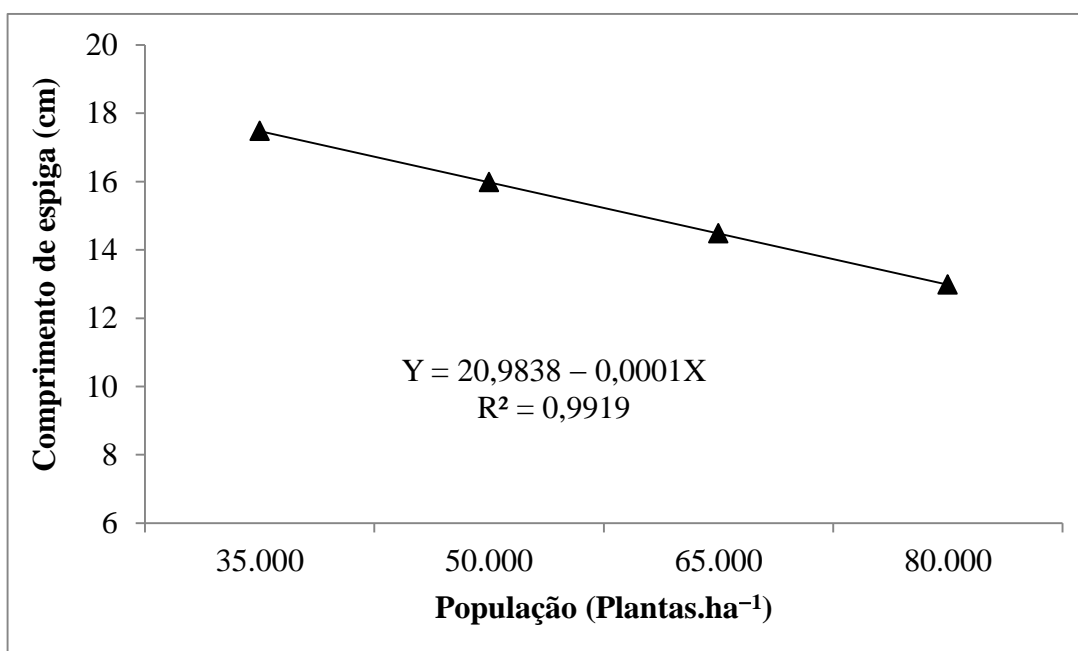
## 4.2 Caracteres de espiga e componentes de rendimento

### 4.2.1 Comprimento de espiga

Ao analisar o comprimento de espiga (Tabela 4), nota-se que não houve interação entre os fatores e não houve diferença entre os híbridos avaliados, porém essa variável foi influenciada pela população de plantas. O aumento da densidade populacional provocou diminuição linear no comprimento de espiga (Figura 9), mostrando que com o incremento da população, promove competição intraespecífica por recursos do meio (ARGENTA et al., 2001b), comprometendo assim outras estruturas da planta (SANGOI et al., 2000), como por exemplo, o comprimento de espiga. Plantas espaçadas equidistantes favorecem um bom desenvolvimento das espigas, já que competem minimamente por água, luz e nutrientes (LAÜER, 1994; SANGOI et al., 2000).

O número de grãos por fileira pode ser interferido diretamente pelo comprimento de espiga e, conseqüentemente na produção da cultura. Segundo Fancelli (2015a) quando a planta apresenta doze folhas completamente desdobrada, é nesse momento que o comprimento de espiga é definido. Logo qualquer injúria ou adversidade e até a competição intraespecífica nessa fase, pode comprometer o comprimento de espiga, provocando queda na produção.

O resultado desse trabalho corrobora com Brachtvogel et al. (2009) que observaram uma evidente redução progressiva no comprimento de espiga devido ao aumento da população, justificando a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes. Kappes et al. (2011b) também observou esse mesmo efeito em sua pesquisa, devido a essa mesma competição.



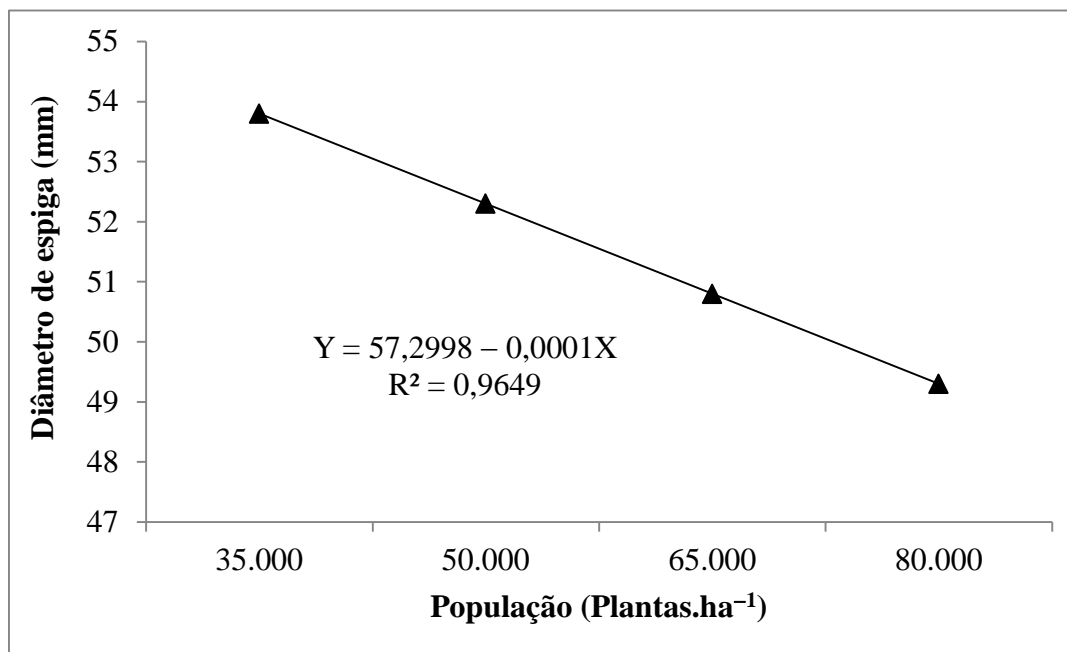
**Figura 9.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o comprimento de espiga. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

#### 4.2.2 Diâmetro de espiga

Para essa variável, não houve efeito significativo entre os híbridos nem para a interação, havendo diferença somente no fator população de plantas (Tabela 4). Com o incremento da população de plantas, o diâmetro de espiga diminuiu linearmente (Figura 10). Esse resultado encontrado mostra que o aumento da população pode ter resultado na maior competição intraespecífica, principalmente por água, luz e nutrientes.

Resultado esse que corrobora com Brachtvogel et al. (2009) que também observou o mesmo efeito à medida que se aumentou a população de plantas, e esse autor explica que esse resultado se deu devido à competição intraespecífica, desse modo diminui a disponibilidade de recursos do meio para cada planta, refletindo diretamente em espigas menores. Vieira et al. (2010) observaram redução linear e quadrática no diâmetro de espiga com o incremento da

população de plantas. Kappes et al. (2011a) também observou redução linear para o diâmetro de espiga com o aumento da população de plantas.



**Figura 10.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o diâmetro de espiga. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).

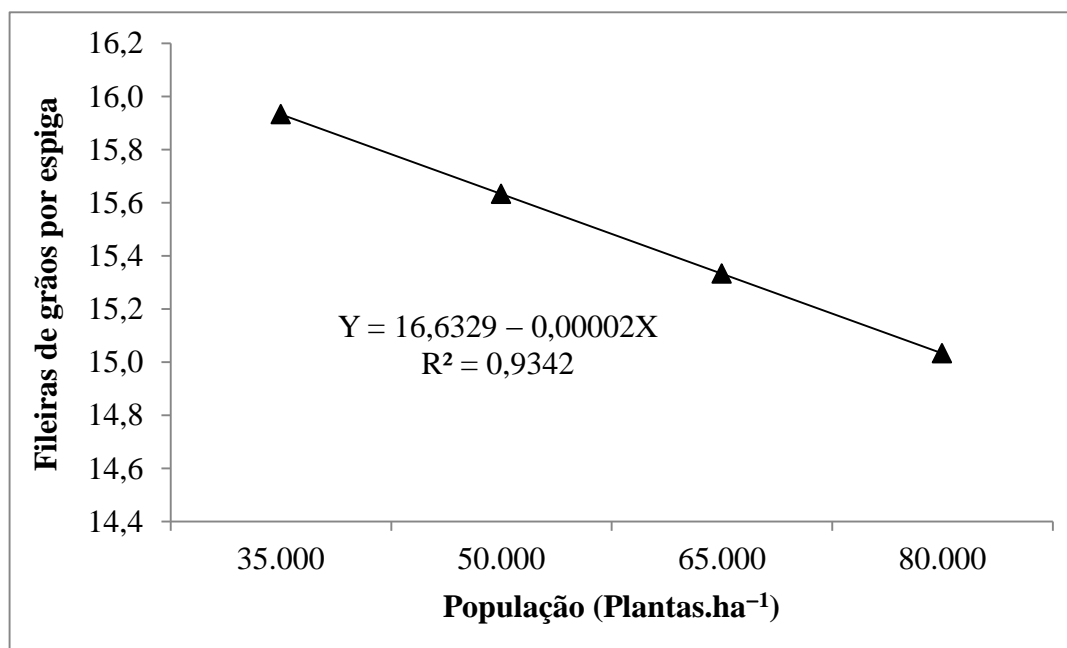
#### 4.2.3 Número de fileiras de grãos por espiga

O número de fileiras de grãos por espiga não foi afetado pela interação e pelos híbridos, mas pelo fator independente de população de plantas (Tabela 4). O número de fileira de grãos por espiga diminuiu linearmente à medida que se aumentou a população de plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 11).

Esses dados colaboram com os de Kopper et al. (2017), Brachtvogel et al. (2009), Fumagalli et al. (2017), que também observaram diminuição no número de fileiras de grãos por espiga com o incremento da população. Da Silva et al. (2014) observou redução no número de fileiras de grãos de 6,7% na população de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> em relação à densidade de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, dados que corroboram os resultados neste estudo uma vez que foi encontrado a redução do número de fileiras em 9,8% em população de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> para 35.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Marchão et al. (2005) observaram resultados diferentes, pois para tal autores essa variável não foi influenciada pelo aumento da população de plantas. Esses autores relacionaram esse resultado pelo fato de que a produção já pode ser definida no primeiro

estádio de desenvolvimento, no início do processo de diferenciação floral e de formação dos primórdios da espiga, onde as competições intraespecíficas ainda não são influentes.



**Figura 11.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o número de fileira de grãos por espiga. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

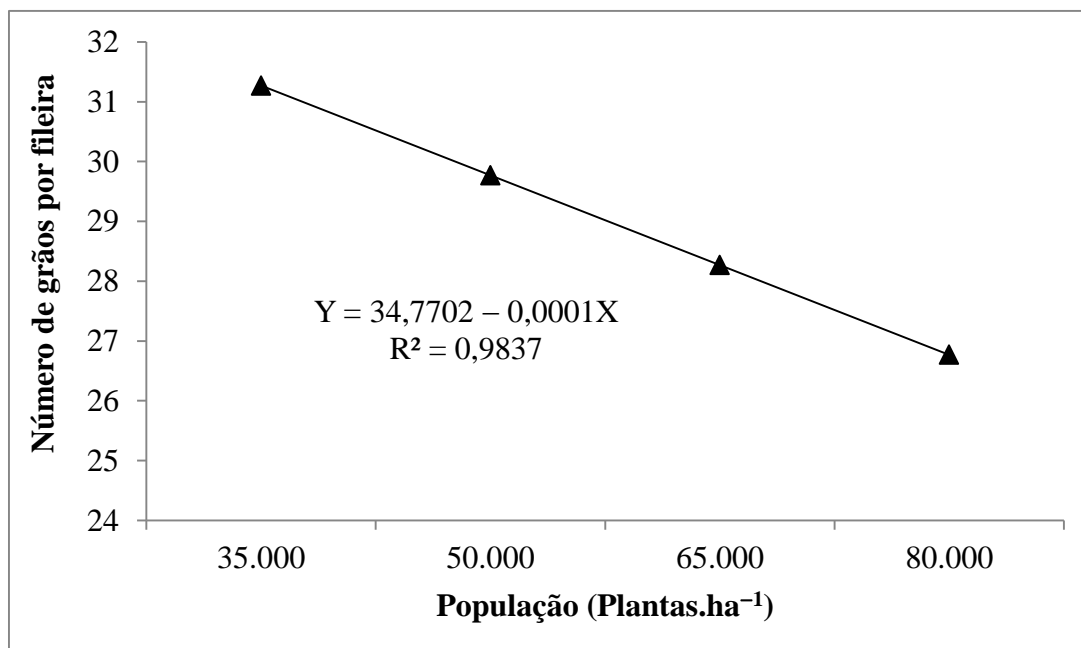
#### 4.2.4 Número de grãos por fileira

O número de grãos por fileira não foi influenciado pelos híbridos e pela interação, apenas pela população de plantas (Tabela 4). Com o aumento da população de 35.000 plantas ha<sup>-1</sup> para 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> o número de grãos por fileira diminuiu 23% (Figura 12). Esse resultado colabora com Brachtvogel et al. (2009) e Fumagalli et al. (2017) que observaram redução no número de grãos por fileira com o incremento da população. Da Silva et al. (2014) observaram redução 20% e 29% no número de grãos por fileira quando elevaram a população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup> para 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Na cultura do milho, sob altas densidades populacionais pode ocorrer diferenças entre os florescimentos masculino (pendoamento) e feminino (espigamento), ocorrendo menor polinização (Rodrigues et al., 2009), consequentemente menor número de grãos por fileira.

De acordo com Sangoi et al. (2007), os resultados podem ser explicados pelo simples fato da menor taxa de polinização devido à defasagem entre os florescimentos da planta submetida à alta população. O aborto de óvulos recentemente fertilizados em alta população no início do enchimento de grãos também contribui para esse menor número. No período entre a antese e o início da fase de enchimento de grãos, a disponibilidade adequada de

açúcares solúveis e nitrogênio na espiga e órgãos próximos, são fundamentais para que o funcionamento adequado da atividade mitótica nos óvulos recém-fertilizados se mantenha ativa. Desse modo a competição intraespecífica devido a altas densidades de plantas limita o suprimento desses nutrientes, ocorrendo o aborto de grãos no início da formação.



**Figura 12.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre o número de grãos por fileira. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

#### 4.2.5 Massa de mil grãos

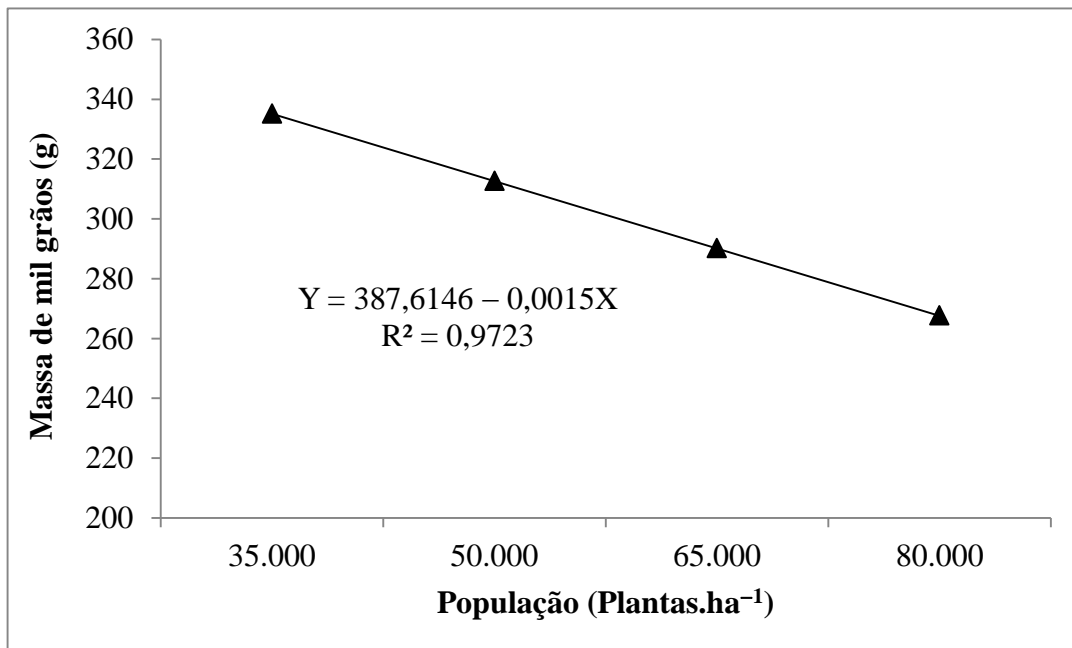
Para variável massa de mil grãos, houve efeito individualmente apenas para o fator população, não havendo diferença significativa para os híbridos e para a interação (Tabela 4). Um importante componente de produção, a massa do grão é o último a ser definido e depende do tempo efetivo de enchimento e da taxa de crescimento do grão, que por sua vez depende da disponibilidade de assimilados para o seu enchimento (WANG, KANG & MORENO, 1999).

Devido ao estresse ocasionado pelo sombreamento em densidades de plantas elevada, as plantas não conseguiram suprir a deficiência de fotoassimilados na folha e em razão disso, a massa de mil grãos diminuiu de forma linear à medida que se aumentou a população de plantas (Figura 13). Esse resultado mostra que a alta densidade populacional promove competição intraespecífica pelos recursos do meio como relatado no trabalho de Argenta, Silva & Sangoi (2001), alterando a taxa e período de enchimento de grãos (RUGET, 1993) e manutenção das demais estruturas da planta (SANGOI et al., 2000).



Resultado semelhante foi obtido por Wilhelm (2017) que em seu trabalho a massa de mil grãos diminuiu com o aumento populacional, variando de 317 a 370 g. Resultado semelhante foi obtido por Demétrio et al. (2008), demonstrando uma diminuição no peso dos grãos a medida que se aumentou a população de plantas. Brachtvogel et al. (2009), observaram diminuição da massa de grãos por espiga, e relacionou essa diminuição à falta de recursos disponíveis para a planta devido a competição intraespecífica, desse modo a planta produz espigas menores, com menos grãos e grãos mais leves, acarretando menor produtividade por planta.

Por outro lado, esse resultado contrariou Kopper et al. (2017) que observaram que na maior população estudada (70.000 plantas ha<sup>-1</sup>) a massa de mil grãos foi superior, e atribuíram essa superioridade devido a menor quantidade de grãos na espiga.



**Figura 13.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a massa de mil grãos. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).

#### 4.2.6 Produtividade

No que diz respeito à produtividade, esta não foi influenciada pelos híbridos nem pela interação dos fatores, apenas a população de plantas interferiu nessa variável (Tabela 4). A média de produtividade dos híbridos em cada população é apresentada na Tabela 5.

**Tabela 5.** Produtividade em kg ha<sup>-1</sup> de cada híbrido nas diferentes populações de plantas. UFVJM, Unai – MG, Brasil. (2021).

Híbrido	População (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	35.000	50.000	65.000	80.000
<b>K9105 VIP3</b>	6826	7742	7532	7764
<b>K9960 VIP3</b>	7382	8260	9468	8664
<b>K9606 VIP3</b>	6708	7682	8438	7878
<b>K9555 VIP3</b>	7974	9234	9046	9258
<b>K8774 PRO3</b>	7718	8432	8558	9732

Com a análise de regressão, observou-se resposta quadrática, onde à medida que se elevou a densidade de plantas ha<sup>-1</sup> a produtividade aumentou juntamente até um ponto crítico, visto que a partir desse ponto, quando incrementou a população, a produtividade diminuiu (Figura 14), com produção máxima estimada de 9.302 kg ha<sup>-1</sup> com 68.200 plantas ha<sup>-1</sup>.

Esse resultado concorda com Brachtvogel et al. (2012) que observaram comportamento quadrático no rendimento de grãos com o aumento da população de plantas, com produção máxima estimada de 12.528 kg ha<sup>-1</sup> em 67.167 plantas ha<sup>-1</sup>. Sangoi et al. (2013) também observaram esse mesmo efeito quadrático para o rendimento de grãos com o incremento da densidade populacional.

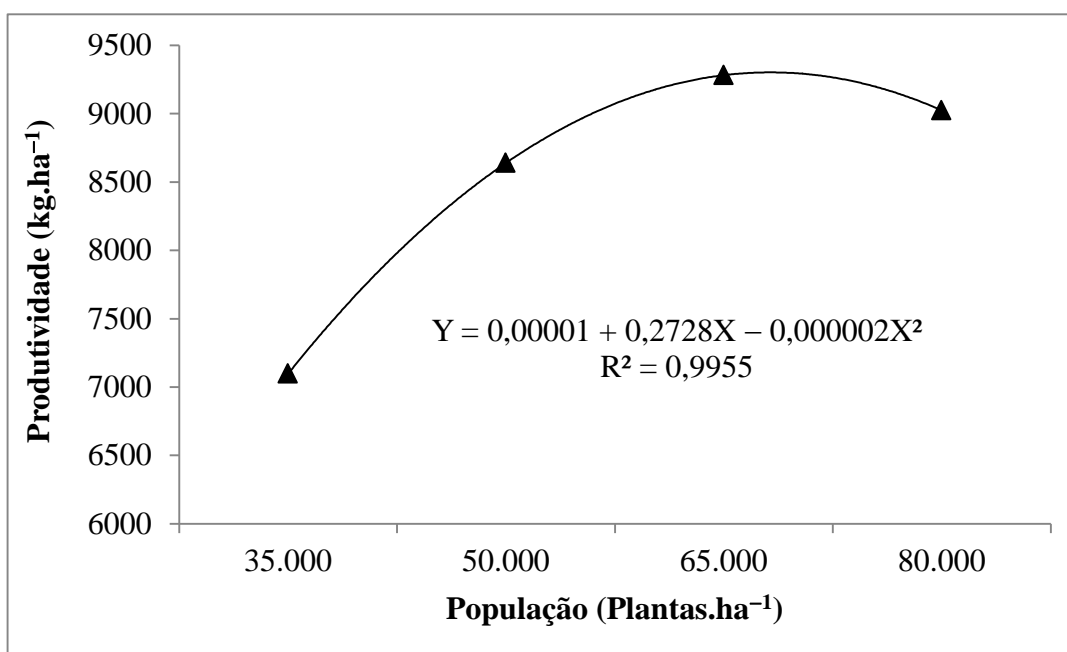
Segundo Demétrio et al. (2008) uma das formas mais fáceis e eficientes de aumentar a interceptação da luz solar incidente nas plantas, é aumentando a densidade populacional, maximizando seu uso e, conseqüentemente, o rendimento de grãos.

Esse resultado mostra que apesar dos componentes de produção como, massa de mil grãos, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileira de grãos por espiga e número de grãos por fileira terem sido afetados negativamente, possivelmente pela competição intraespecífica, o aumento da população de plantas até 68.200 plantas ha<sup>-1</sup> incrementou o rendimento de grãos. Vários outros autores também observaram perda nos componentes de produção com o aumento da população (KAPPES et al. 2011a; ARGENTA et al., 2001b; FLESCHE & VIEIRA, 2004; Brachtvogel et al., 2009) relatando que tais perdas foram compensadas pelo aumento de plantas, conseqüentemente maior número de espigas por área, já que o rendimento de grãos não foi afetado, concordando com o resultado desse presente estudo. Para esses autores, em lavouras com alta população e boa condição de crescimento, as espigas adicionais resultaram em maior produtividade, por aumentar o número de grãos por área. Porém, em um certo ponto crítico de densidade populacional, as

espigas adicionais não compensam mais a redução nos componentes de produção como o número e massa de grãos (DOURADO NETO et al., 2003).

Resultado semelhante tem sido frequentemente reportado na literatura (CALONEGO et al., 2011, STACCIARINI et al., 2010 e TAKASU et al., 2014), que observaram crescimento linear no rendimento de grãos quando se eleva a população de plantas. Segundo Kappes et al. (2011a) híbridos com folhas mais eretas e de menor estatura, a população ideal tende a ser maior.

Baixa população de planta favorece a produção de grãos por planta, mas reduz a interceptação de luz solar por área e, conseqüentemente, a produtividade por área (SANGOI et al., 2016). O tamanho da espiga é reduzido com o aumento da população de plantas, entretanto, a produtividade é compensada pelo incremento do número de plantas por área. No entanto, a densidade excessiva de plantas ocasiona a competição intraespecífica, estimulando a dominância apical, o que aumenta a esterilidade feminina, diminuindo o índice de espigas e conseqüentemente o rendimento de grãos por área (FUMAGALLI et al., 2017). Relatos esses que concorda com os resultados obtidos no presente estudo.



**Figura 14.** Análise de regressão para avaliar os efeitos das populações sobre a produtividade. UFVJM, Unaí – MG, Brasil. (2021).

## 5. CONCLUSÕES

A incrementação da população de plantas na cultura do milho afetou negativamente as variáveis estudadas, de altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, clorofila e características de espiga.

As diferentes densidades de população de plantas de milho não influenciaram na variável de altura de plantas.

A produtividade de grãos foi afetada positivamente pelo aumento populacional, com produção máxima estimada de 9.302 kg ha<sup>-1</sup> para 68.200 plantas ha<sup>-1</sup>.

Os híbridos de milho estudados K9105 VIP3, K9960 VIP3, K9606 VIP3, K9555 VIP3 e K8774 PRO3 não se diferenciaram entre si para nenhuma variável estudada.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Atributos do Solo em Modalidade de Semeadura na Consorciação de Milho com Forrageiras. **Nucleus**, v.14, n.1, abr. 2017. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1679/2454>>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- ALMEIDA, M. L. de et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782000000100004>
- AMINOAGRO. Ficha de informações sobre o uso de produto. **MOL Top**. Disponível em: <<http://www.aminoagro.agr.br/pcp/37/mol-top/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- ARGENTA, G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001a.
- 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, 2001b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100009>
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência rural**, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000600027>
- BARNI, N. A. **Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica. 1994. 249 f.** 1994. Tese de Doutorado. Tese (doutorado em Fitotecnia). Fac de Agronomia/UFRGS. 249p.
- BARROS, J. F. C; CALADO, J. G. **A cultura do milho.** 2014. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- BASF. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Abacus HC**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/abacus-hc\\_8581.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/abacus-hc_8581.html)>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- BRACHTVOGEL, E. L. et al. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000193>
- BRACHTVOGEL, E. L. et al. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, p. 75-83, 2012. <http://dx.doi.org/10.0000/rtcab.v6i1.582>
- CALONEGO, J. C. et al. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/699>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

- CID, L. P. B.; TEIXEIRA, J. B. Fisiologia vegetal: definições e conceitos. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2017.
- COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica**, 2006. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490410>>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos - Brasil. Série Histórica de: área, produtividade e produção. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 05 jan. 2021.
- CRUZ, J. C. et al. Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2009. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15429353.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- CRUZ, J. C. et al. Manejo da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490419>>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- DA SILVA, A. F. et al. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p162-173>
- DEMÉTRIO, C. S. et al. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200008>
- DOURADO NETO, D. et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 03, 2003.
- EMBRAPA. Embrapa Milho e sorgo. **Cultivo do Milho**. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2021.
- EMBRAPA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/338818/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em: 04 fev. 2021.
- EVANS, L. T. Processes, genes, and yield potential. **International crop science I**, p. 687-696, 1993. <https://doi.org/10.2135/1993.internationalcropscience.c109>
- FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 24-29, 2015a.
- FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. **BORÉM, A.; GALVÃO, JCC; PIMENTEL, MA Milho: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV**, p. 50-76, 2015b.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, v. 18, p. 360, 2000.

FAO. Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

FARINELLI, R.; CERVEIRA JÚNIOR, W. R. Resposta de cultivares de milho transgênico e convencional a densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 336-346, 2014. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p336-346>

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 21-27, 2012. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2012v40n1p21+-+27>

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brazil. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000100005>

FOLONI, J. S. S. et al. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 312-325, 2015. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p312-325>

FRITSCHÉ-NETO, R.; MÔRO, G. V. Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível. **Rev. Visão Agríc.**, v. 9, p. 12-15, 2015. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/edicoes/milho>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

FUMAGALLI, M. et al. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. DE. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000300001>

HANASHIRO, R. K.; MINGOTTE, F. L. C.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho fenológico, morfológico e agrônômico de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 226-234, 2013. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2013v41n2p226-234>

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Tabela Estações (Brasília A001), 2020. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

KAPPES, C. et al. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011a. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.9650>

KAPPES, C. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011b. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000200012>

KOPPER, C. V. et al. Produtividade de milho segunda safra em função de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 1-6, 2017. <https://doi.org/10.12661/pap.2017.003>

KWS. **Milho**. 2021. Disponível em: <<https://www.kws.com/br/pt/produtos/milho/>>. Acesso em: 21/05/2021.

LAÜER, J. Should I be planting corn at a 30-inch row spacing. **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v. 1, n. 6, p. 56-57, 1994. Disponível em: <<http://corn.agronomy.wisc.edu/WCM/W001.aspx>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

LERAYER, A. Guia do Milho: Tecnologia do campo à mesa. **Conselho de Informações sobre Biotecnologia**, p. 16, 2006. Disponível em: <<http://encurtador.com.br/bmwNR>>. Acesso em: 02 mai. 2020.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, v. 39, n. 6, p. 1584-1596, 1999. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961584x>

LOOMIS, R. S., WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity: an estimate. **Crop Science**, Madison, v.3, n.1, p.67-72, 1963. <https://doi.org/10.2135/cropsci1963.0011183X000300010021x>

MAGALHAES, P. C. et al. Fisiologia do milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica**, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/486995/1/Circ22.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; GOMIDE, R. L. Fisiologia da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1996. Disponível em: <<https://www.FisiologiadaculturadoMilhoSorgo1996.alice.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

MAHANNA, B. et al. Silage zone manual. 2017. Disponível em: <[https://intelseed.ca/uploads/Silage\\_Zone\\_Manual-2017.pdf](https://intelseed.ca/uploads/Silage_Zone_Manual-2017.pdf)>. Acesso em: 27 abr. 2021.

MARCHÃO, R. L. et al. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2256>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

MENEGALDO, J. G. A importância do milho na vida das pessoas. **Embrapa Meio-Norte-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2011.

MODOLO, A. J. et al. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300016>



MULTITÉCNICA. Ficha de informações sobre o uso de produto. **MagnésioUltra**. Disponível em: <<https://multitecnica.com.br/produtos/magnesioultra>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

MULTITÉCNICA. Ficha de informações sobre o uso de produto. **MultiBoro**. Disponível em: <<https://multitecnica.com.br/produtos/multiboro>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

MUNDSTOCK, C. M. **Densidade de semeadura de milho para o Rio Grande do Sul**. UFRGS: ASCAR, 1977.

NORTOX. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Acefato Nortox**, 2019. Disponível em: <[https://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2017/05/BULA-Acefato-Nortox\\_VER-09-14.05.2019.pdf](https://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2017/05/BULA-Acefato-Nortox_VER-09-14.05.2019.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

NORTOX. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Atrazina Nortox 500 SC**, 2017. Disponível em: <<https://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Atrazina-Nortox-500-SC-Bula-VER-04-17.08.2017.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

NORTOX. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Glifosato 720 WG Nortox**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/glifosato-720-wg-nortox\\_10363.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/glifosato-720-wg-nortox_10363.html)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

NORTOX. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Mancozeb Nortox**. Disponível em: <<https://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Mancozeb-Nortox-Bula-Ver-00-24.06.2019.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

NORTOX. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Óleo Vegetal Nortox**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/oleo-vegetal-nortox\\_48.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/oleo-vegetal-nortox_48.html)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

OTTMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989. <https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100020006x>

PEREIRA, L. B. et al. Características agronômicas da planta e produtividade da silagem de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, v. 29, n. 1, p. 18-27, 2018. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/230>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

PIEKIELEK, W. P. et al. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, v. 87, n. 3, pág. 403-408, 1995. <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030003x>

PIONEER. Corteva. **Desenvolvimento**. 2019. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/silagem/desenvolvimento>>. Acesso em: 04 fev. 2021.

PRIMAZ, E. et al. Doses de nitrogênio e população de plantas na cultivar de milho DKB 240 PRO. **RAMVI - Revista de Agronomia e Medicina Veterinária IDEAU**, v. 2, n. 3, p. 1-12, 2015. Disponível em: <[https://www.bage.ideau.com.br/wp-content/files\\_mf/a0c245764571ba864f5665b3e77c75a3252\\_1.pdf](https://www.bage.ideau.com.br/wp-content/files_mf/a0c245764571ba864f5665b3e77c75a3252_1.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2021.

RODRIGUES, L. R.; GUADAGNIN, J. P.; PORTO, M. P. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul–Safras 2009/2010 e 2010/2011. **Veranópolis: FEPAGRO-Serra**, 2009.

RSTUDIO TEAM. Integrated development for R. PBC, Boston, MA. Disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>. Acesso em: 01 jan. 2021.

RUGET, F. Contribution of storage reserves during grain-filling of maize in Northern European conditions. **Maydica (Italy)**, 1993.

SANGOI, L. et al. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782000000100003>

SANGOI, L. et al. Maize stalk sustainability in maize hybrids from different eras as affected by plant density. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. 2, p. 60-66, 2002.

SANGOI, L. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 02, 2006. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p218-231>

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 03, 2007. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v6n3p263-271>

SANGOI, L. et al. Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 254-265, 2010. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v9n3p254-265>

SANGOI, L. et al. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 21-32, 2013. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n1p21-32>

SANGOI, L. et al. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p. 1, 2016.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; OLIVEIRA, MEC. Avaliação de cultivares e híbridos de milho para a microrregião de Campina Grande, PB. **Tecnologia & Ciência Agropecuária. João Pessoa**, v. 6, n. 2, p. 29-33, 2012.

SERPA, M. da S. et al. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 541-549, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000400010>

SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

SINCLAIR, T. R. Crop yield potential and fairy tales. **International crop science I**, p. 707-711, 1993. <https://doi.org/10.2135/1993.internationalcropscience.c112>

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 8-11, 2015. Disponível em: <[https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Importancia-artigo1.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Importancia-artigo1.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2021.

STACCIARINI, T de C. V. et al. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400012>

SYNGENTA. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Engeo Pleno™ S**. Disponível em: <[https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/engeo\\_pleno\\_2.pdf?token=1601413863](https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/engeo_pleno_2.pdf?token=1601413863)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

SYNGENTA. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Priori Xtra**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/priori-xtra\\_5679.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/priori-xtra_5679.html)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. Disponível em: <[encurtador.com.br/qzFU8](http://encurtador.com.br/qzFU8)>. Acesso em: 24 mar. 2021.

TAKASU, A. T. et al. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2014. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2270/1668>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

TOLLENAAR, M.; BRUULSEMA, T. W. Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 4, p. 580-585, 1988. <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000040008x>

UPL. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Penncozeb WG**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/penncozeb-wg\\_7140.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/penncozeb-wg_7140.html)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

UPL. Ficha de informações sobre o uso de produto. **Perito 970 SG**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/perito-970-sg\\_8685.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/perito-970-sg_8685.html)>. Acesso em: 13 abr. 2021.

VIEIRA, M. de A. et al. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Sci., Agron. (Online)**, p. 81-86, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.987>

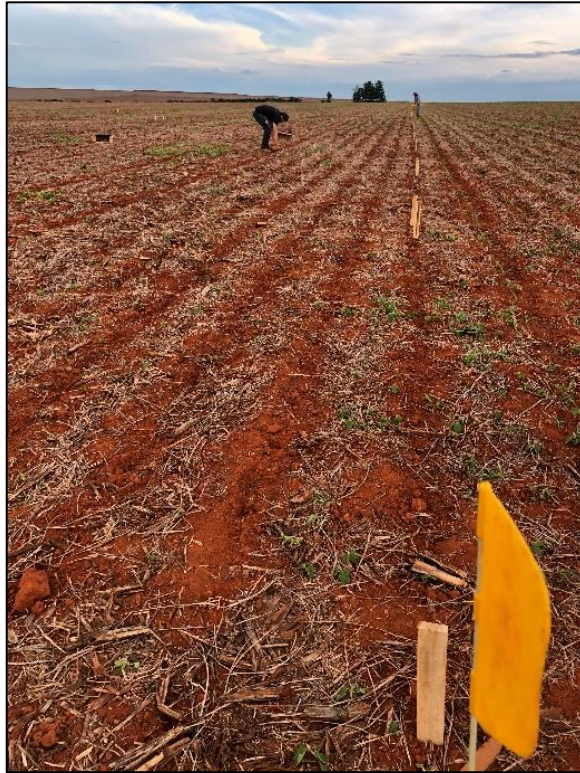
VITORAZZI, C. et al. Arranjo populacional para a variedade Uenf-14 de milho pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 401, 2017. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n3p401-413>

WANG, G.; KANG, M. S.; MORENO, O. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, v. 61, n. 3, p. 211-222, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00163-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00163-4)

WILHELM, C. L. Densidade de plantas e posicionamento de sementes na cultura do milho. 2017. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/1893>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

ZOZ, T. et al. Densidade Populacional, Espaçamento E Adubação Nitrogenada Na Semeadura De Milho De Segunda Safra. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 103-125, 2019. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n1p103-125>

ZUCARELI, C. et al. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em cobertura no desenvolvimento e desempenho produtivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 178-191, 2019. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n2p178-191>

**APÊNDICE – IMAGENS DO EXPERIMENTO**

**Figura 15.** Vista geral da área experimental (Latitude  $16^{\circ} 25' 27''$  S e Longitude  $47^{\circ} 7' 11''$  W). UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).





**Figura 16.** A: Semeadura manual dos híbridos, B: detalhe da matraca utilizada (direita). UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).

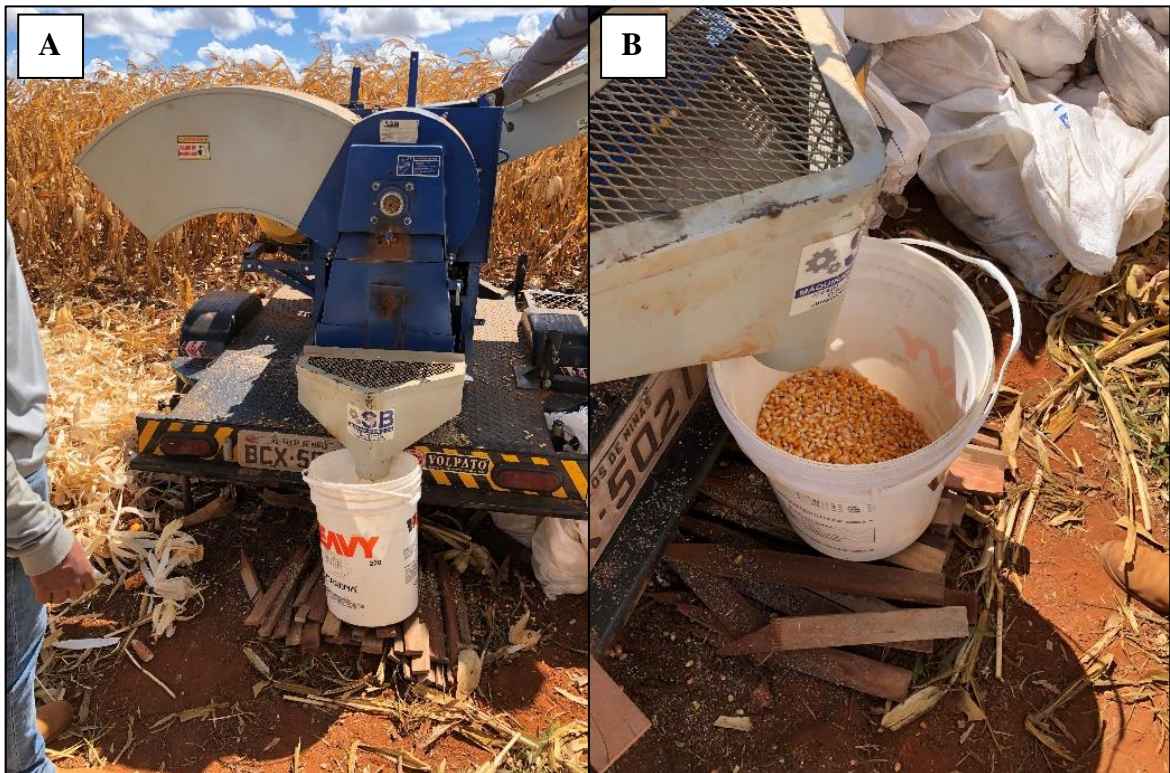


**Figura 17.** Detalhe do desbaste manual. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).





**Figura 18.** A: Colheita manual realizada aos 147 dias após a semeadura, B: Demonstra a colheita das duas linhas centrais de cada parcela. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).



**Figura 19.** A: Debulha do milho utilizando uma trilhadora, B: coleta dos grãos em um balde. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).





**Figura 20.** Pesagem dos grãos utilizando uma balança digital. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).

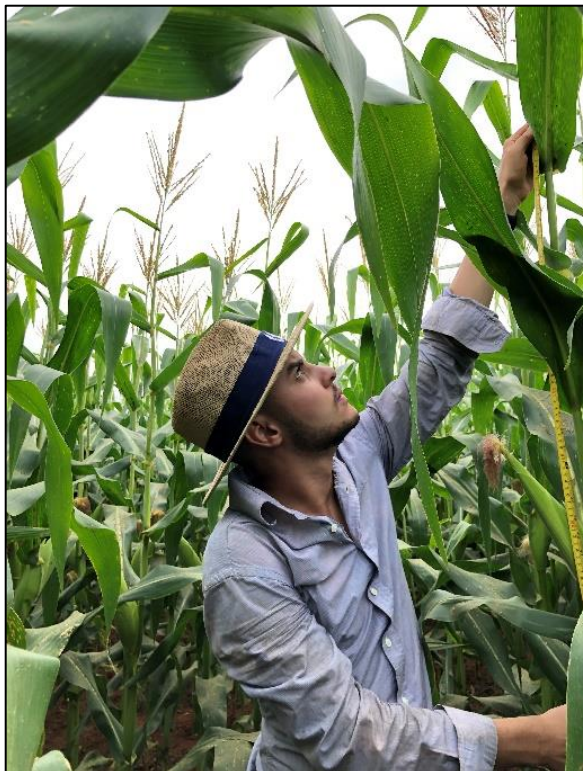


**Figura 21.** A e B: Medição de umidade realizada logo após a pesagem dos grãos utilizando um medidor de umidade digital. UFVJM, Unaí – MG, Brasil (2021).

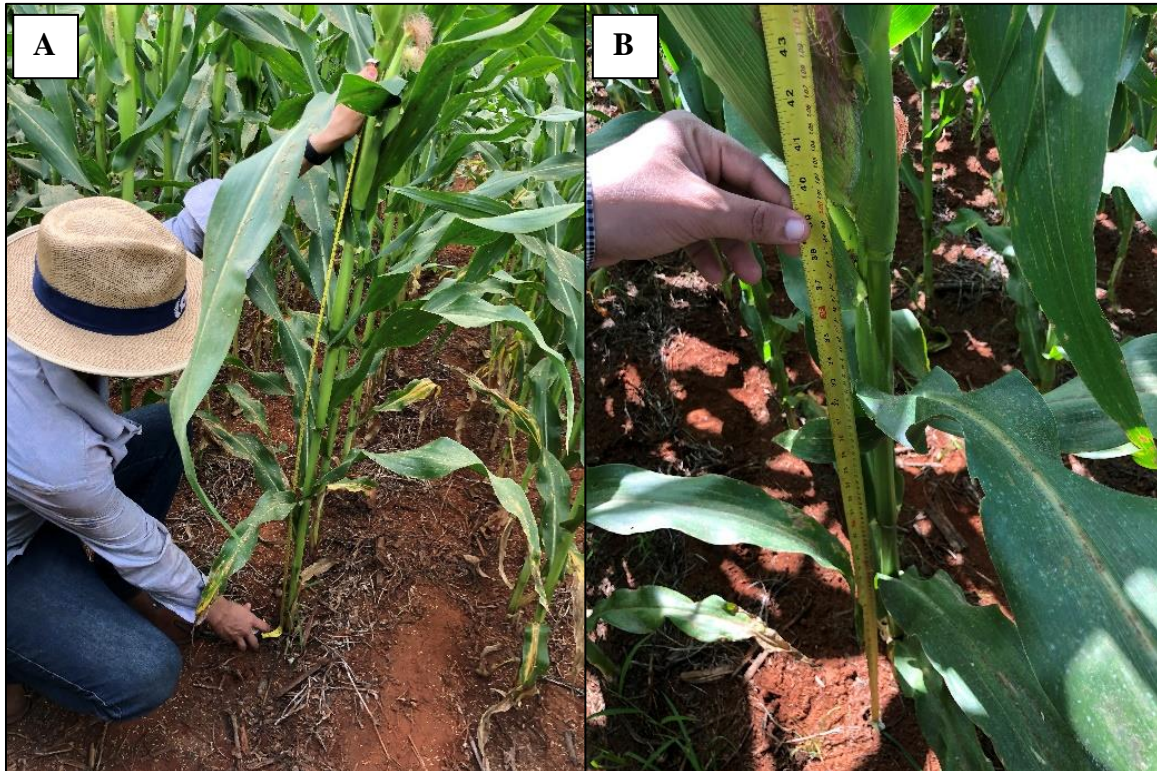




**Figura 22.** Registro mostrando o estágio R1 da cultura, momento que foram realizadas as avaliações. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).



**Figura 23.** Avaliação da altura de planta utilizando uma trena e medindo do solo até o nó da folha bandeira. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).



**Figura 24.** A: Avaliação da altura de inserção de espiga utilizando uma trena, B: Medição do solo até o nó da inserção da espiga principal. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).



**Figura 25.** Avaliação do diâmetro de colmo utilizando um paquímetro digital medindo o terceiro entrenó da planta. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).





**Figura 26.** A e B: Avaliação dos teores de clorofila a e b utilizando um clorofilog Falker tirando a medida no centro da folha bandeira. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).



**Figura 27.** Contagem simples do número de fileiras por espiga. UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).



**Figura 28.** A: Pesagem de 50 grãos para avaliação da massa de mil grãos (esquerda) e medição de umidade para conversão da massa para 13% (direita). UFVJM, Unai – MG, Brasil (2021).