

FELIPE RUAN MARINHEIRO SILVA

**RESPOSTA AGRONÔMICA DE HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO À
DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima

VIÇOSA - MINAS GERAIS

2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa – Câmpus Viçosa**

T

S586r
2019

Silva, Felipe Ruan Marinheiro, 1994-

Resposta agrônômica de híbridos comerciais de milho a diferentes populações de plantas / Felipe Ruan Marinheiro Silva. – Viçosa, MG, 2019.
75 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 68-75.

1. Milho - Populações. 2. Competição (Biologia). 3. *Zea mays*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.15

FELIPE RUAN MARINHEIRO SILVA

**RESPOSTA AGRONÔMICA DE HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO À
DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de novembro de 2019.

Assentimento:

Felipe Ruan Marinheiro Silva

(Autor)

Rodrigo Oliveira de Lima

(Orientador)

À minha mãe Maria José Marinheiro Silva, pelo seu incondicional amor e exemplo de dedicação, força, amizade, lealdade e humildade. Ao meu pai Francisco Chagas Silva, por todo carinho, esforço, lealdade e coragem (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Agronomia e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao orientador, Prof. Rodrigo Oliveira de Lima, pelo apoio, ensinamentos e contribuições na execução do trabalho.

Ao Prof. José Ivo Ribeiro Júnior, pela coorientação, pelos ensinamentos e contribuições na elaboração desse trabalho.

Aos professores, José Eustáquio de Souza Carneiro e Fabiana Silva de Souza, pela participação na banca de defesa e contribuições.

Aos estagiários, bolsistas de iniciação científica e pós-graduandos do Programa Milho-UFV[®], pela imensa dedicação e ajuda, pois sem eles este trabalho não existiria.

Aos funcionários do Campo Experimental de Coimbra e Viçosa, por toda dedicação com que me auxiliaram na condução do experimento.

À meu pai, Francisco Chagas Silva, minha mãe, Maria José Marinheiro Silva, minha irmã Vanessa Luisa Marinheiro Silva, por toda ajuda, amor e carinho.

À Nicole Behringer Garcia e à todos meus amigos pelo companheirismo e cumplicidade.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muitíssimo obrigado!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

BIOGRAFIA

FELIPE RUAN MARINHEIRO SILVA, filho de Francisco Chagas Silva e Maria José Marinheiro Silva, nasceu em São Bernardo do Campo - SP, em 27 de junho de 1994.

Em 2012, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, onde se graduou em Agronomia, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em dezembro de 2017.

Em março de 2018, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, com área de concentração em Nutrição Mineral, Adubação e Produção de Culturas, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em novembro de 2019.

RESUMO

SILVA, Felipe Ruan Marinheiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2019. **Resposta agronômica de híbridos comerciais de milho à diferentes populações de plantas.** Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima.

Na cultura do milho (*Zea mays L.*), a alteração da população de plantas está entre os tratos culturais que mais podem influenciar na produtividade de grãos. Existe na literatura, que para cada tipo de híbrido e região tem-se uma população de plantas ótima, em que a produtividade de grãos é maximizada. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de híbridos de milho contemporâneos sob diferentes populações de plantas. O Experimento 1 foi realizado na safra de 2017/2018, na UEPE – Aeroporto (Estação Experimental do Aeroporto em Viçosa-MG). Os Experimentos 2 e 3, foram realizados na UEPE - Coimbra (Estação Experimental de Coimbra em Coimbra-MG) nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Nos 3 Experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por 10 híbridos de milho (2B210PW, BG7061YHR, BM915PRO2, DKB230PRO3, P1680VYH, P4285YHR, DKB390PRO3, BG7049YH BM709PRO2, MG711PW). As subparcelas foram constituídas de 6 populações de plantas (50.000, 60.000, 70.000, 80.000, 90.000 ou 100.000 plantas ha⁻¹). Foram avaliados a produtividade de grãos e seus componentes, componentes de arquitetura de plantas e número de dias para florescimento masculino e feminino. As análises foram feitas com o uso do software R, pelo pacote ExpDes.pt. Os dados foram submetidos à análise de variância. Para as parcelas foi feito um teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Para as subparcelas foi realizada uma análise de regressão, cujos coeficientes foram testados pelo teste T de Student ($P < 0,05$). O coeficiente de variação experimental variou de 1,12 % (número de dias para florescimento masculino, Experimento 3) a 24,76 % (produtividade de grãos, Experimento 3), o que caracterizou boa precisão para maioria dos caracteres, nos 3 Experimentos realizados. Para produtividade de grãos, nos 3 Experimentos, houve diferentes interações entre híbridos e populações de plantas, o que indicou que as populações devem ser recomendadas para cada genótipo, local e condição climática. Além disso, foi observada a tendência de maiores médias de produtividade de grãos nos híbridos menos precoces. Já para os componentes de produção, diâmetro de colmo, largura e comprimento de folha e área

foliar, os híbridos avaliados nos 3 Experimentos apresentaram resultados semelhantes, em que as respectivas médias diminuíram com o incremento da população de plantas. A média do número de dias para florescimento feminino e masculino, em geral aumentou com o uso de maiores populações de plantas, o que contribuiu para a falta de sincronização entre a antese e o espigamento. As médias dos números de nós abaixo, número de nós acima da espiga, altura de planta e altura de espiga em geral não diferiram com o uso de diferentes populações de plantas. Entretanto com os resultados obtidos, conclui-se, que as características como precocidade, arquitetura moderna de dossel, estatura e disposição das folhas ao longo da planta, relativas aos híbridos estudados, não foram suficientes para gerar incrementos consistentes de produtividade de grãos frente a maiores de populações de plantas nos diferentes locais dos Experimentos e condições climáticas.

Palavras-chave: *Zea mays L.*. Densidade populacional. Ensaio de competição.

ABSTRACT

SILVA, Felipe Ruan Marinheiro M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2019. **Agronomic response of maize hybrids with different cycles to plant population in Brazil.** Adviser: Rodrigo Oliveira de Lima.

The change of plant population in corn (*Zea mays* L.), is among the cultural treatments that can most influence grain productivity. There is in the literature, that for each type of hybrid and region there is an optimum plant population, which the grain yield is maximized. Thus, the objective of this work was to evaluate the response of modern corn hybrids under different plant populations. Experiment 1 was carried out in the 2017/2018 harvest, at UEPE - Airport (Experimental Airport Station in Viçosa-MG). Experiments 2 and 3 were carried out at UEPE - Coimbra (Coimbra Experimental Station in Coimbra-MG) in the 2017/2018 and 2018/2019 seasons, respectively. In the 3 Experiments, the experimental design used was randomized blocks with three replications, in a split-plot scheme. The plots consisted of 10 corn hybrids (2B210PW, BG7061YHR, BM915PRO2, DKB230PRO3, P1680VYH, P4285YHR, DKB390PRO3, BG7049YH BM709PRO2, MG711PW). The subplots consisted of 6 plant populations (50,000, 60,000, 70,000, 80,000, 90,000 or 100,000 plants ha⁻¹). Grain yield, yield components, plant architecture components and number of days for male and female flowering, were evaluated. The analyzes were performed using the R software, using the ExpDes.pt package. The data were submitted to analysis of variance. For the plots, a Scott-Knott test was performed ($P < 0.05$). For the subplots, a regression analysis was performed, whose coefficients were tested by Student's T test ($P < 0.05$). The coefficient of experimental variation ranged from 1.12 % (number of days for male flowering, Experiment 3) to 24.76 % (grain yield, Experiment 3), which characterized good precision for most of the characters, in the 3 performed Experiments. For grain yield, in the 3 Experiments, there were different interactions between hybrids and plant populations, which indicated that populations should be recommended for each genotype, location and climatic condition. In addition, a trend towards higher grain yield averages was observed in less early hybrids. As for the production components, stalk diameter, leaf width and length and leaf area, the hybrids evaluated in the 3 Experiments showed similar results, in which the respective averages decreased with the increase in the plant population. The average number of days for female and male

flowering, in general, increased with the use of larger plant populations, which contributed to the lack of synchronization between anthesis and corn earing. The average number of nodes below the ear, number of nodes above the ear, plant height and ear height in general did not differ with the use of different plant populations. However, with the results obtained, it is concluded that the characteristics such as precocity, modern canopy architecture, stature and leaf layout throughout the plant, relative to the studied hybrids, were not sufficient to generate consistent increases in grain productivity in the face of larger plant populations, in different Experiment locations and climatic conditions.

Keywords: *Zea mays L.* Plant density. Competition essay.

SÚMARIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 A Cultura do Milho	14
3.2 População de plantas	16
4. Material e Métodos	20
4.1 Material Genético	20
4.2 Execução Experimental	20
4.3 Caracteres Avaliados	21
4.4 Análise Estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Produtividade de Grãos e Componentes de Produção	23
5.1.1 Produtividade de Grãos	26
5.1.2 Massa de 1000 Grãos e Comprimento de Grãos.....	31
5.1.3 Número de Fileiras de Grãos, Número de Grãos por Fileiras, Número de Grãos por Espiga.....	36
5.1.4 Prolificidade e Comprimento de Espiga.....	43
6.2 Número de dias para Florescimento Masculino e Feminino e Componentes de Arquitetura de Plantas	48
6.2.1 Florescimento Masculino e Feminino	50
6.2.2 Diâmetro de Colmo	54
6.2.3 Largura de Folha, Comprimento de Folha e Área foliar	57
6.2.4 Número de Nós Abaixo da Espiga, Número de Nós Acima da Espiga, Altura de Planta e Altura de Espiga.....	63
7. CONCLUSÕES	67
8. REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é caracterizado por ser um cereal de grande importância no cenário mundial por servir para alimentação animal, humana e matéria prima para diversos produtos em indústrias (Moraes; Brito, 2010). A produtividade média de milho no Brasil é considerada baixa, $5,61 \text{ t ha}^{-1}$, quando comparada com a produtividade nos Estados Unidos, que é de $10,55 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2019; USDA, 2019). Para Duarte e Kappes (2015) e Monneveux et al., (2005) os motivos que se destacam pela baixa produtividade de milho no Brasil são, fatores climáticos e baixa fertilidade natural dos solos.

De acordo com Pereira et al., (2018) alterações no número de plantas por unidade de área, feitas dentro linha de cultivo, otimizam a capacidade da lavoura na captação de água, luz e nutrientes, e podem ser uma alternativa para o aumento da produtividade de grãos. Para Modolo et al., (2010) o mais importante trato cultural para maximização da interceptação da radiação solar é a alteração na população de plantas. Neumann et al., (2014) destacam que estudos de populações de plantas são de extrema importância, haja vista que podem maximizar o potencial produtivo para a cultura.

Sangoi et al., (2010) explicam que diferentes populações de plantas tem a capacidade de alterar as relações fonte e dreno da planta. Assim, o uso de diferentes populações de plantas tem efeito na quantidade e tempo de área foliar, radiação interceptada, no número de grãos por espiga e peso de grãos. Boomsma et al., (2009) explicam que a disponibilidade de fotoassimilados depois do período de enchimento de grãos influem diretamente na duração da área foliar. E atribuem esse resultado em função da disponibilidade hídrica, quantidade de nitrogênio disponível e alterações diretas na relação fonte e dreno.

Silva et al., (2014) ao avaliar o efeito de diferentes populações de plantas em 2 híbridos de milho, observaram ao comparar a população de $40.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ com as populações de 60.000 e $80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, aumentos de $12,5 \%$ e $13,6 \%$ na produtividade de grãos, respectivamente. Gralak et al., (2014) observaram que a resposta dos híbridos é altamente influenciada pela interação genótipo x ambiente, deste modo, se torna necessário que as recomendações de população de plantas para híbridos de milho sejam feitas por regiões. Haja vista que diferentes localidades podem apresentar diferenças na altitude, temperatura e umidade, o que pode causar diferenças

na produtividade de grãos. Os experimentos com híbridos de milho são utilizados como referencial para recomendação de cultivares com maior potencial produtivo, assim como suas formas de manejo. Portanto, generalizar as recomendações podem limitar a produtividade da cultura do milho (Gabriel, 2015).

De acordo com Tonin et al., (2009), o ciclo e a arquitetura foliar são de grande importância para os programas de melhoramento. Fumagalli et al., (2017) afirmam que, híbridos com arquitetura de plantas mais modernas, podem apresentar resultados diferentes das cultivares já estudadas em experimentos com maiores populações de plantas. Haja vista, que a radiação solar, disponibilidade de água e nutrientes são fatores diretamente influenciados pela população de plantas. Para Brachtvogel et al., (2012) híbridos de milho com menor estatura, com arquitetura de copa mais ereta e menor número de folhas tem taxas de autosombreamento minimizadas. Assim é aumentada a quantidade de radiação solar interceptada e obtida maior disponibilidade de fotoassimilados. Deste modo, com o uso de menores populações de plantas os potenciais produtivos dos híbridos de milho atuais podem estar sendo subutilizados (Kappes et al., 2011a).

Portanto, justificam-se pesquisas que procuram obter a maximização do potencial produtivo de novos genótipos e busquem conhecer o comportamento de diferentes híbridos modernos frente às alterações na população de plantas em diferentes locais.

2. OBJETIVOS

Avaliar a resposta de híbridos comerciais de milho às alterações nas populações de plantas.

Verificar a associação entre as variáveis estudadas com a produtividade de grãos em resposta à alteração da população de plantas.

Determinar se possível, a população de plantas ótima para cada híbrido comercial de milho testado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Cultura do Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea da família das poáceas e está distribuído em quase todos os continentes do mundo devido à sua grande variabilidade genética e intensa domesticação (Alves, 2012; Pereira Filho et al., 2011). O milho, assim como arroz e trigo, é um dos cereais mais plantados e consumidos mundialmente. Dadas as suas características nutricionais, sempre foi muito utilizado na nutrição humana e animal. Aproximadamente 80 % da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, na forma de farelo, ração e silagem. O restante é destinado ao consumo humano direto, empregado em indústrias de alta tecnologia, como matéria prima na fabricação de produtos químicos, embalagens ecologicamente corretas, etanol e diversos outros produtos (Galvão et al., 2017; Duarte, 2010).

O milho destaca-se como o cereal com maior produção mundial. No ano de 2018, a produção mundial de milho atingiu 1,1 bilhão de tonelada de grãos (USDA, 2019). No Brasil, a produtividade média, na safra 2018/2019, foi de 5,61 t ha⁻¹ (CONAB, 2019) e pode ser considerada baixa quando comparada a outros países, como os Estados Unidos com produtividade média de 10,55 t ha⁻¹ (USDA, 2019). A média de produtividade no Brasil é desfavorecida em função principalmente das condições edafoclimáticas tropicais. Assim, há prevalência de condições de baixa fertilidade natural dos solos, dentre outros estresses abióticos e bióticos (Duarte; Kappes, 2015; Monneveux et al., 2005).

Entretanto, o Brasil destaca-se como o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás dos Estados Unidos e da China, e como segundo maior exportador de milho (USDA, 2019). No Brasil, o milho é cultivado na safra (primeira safra) e na “safrinha” (segunda safra). A safra tem seu plantio nos meses de setembro a outubro com a colheita em março. Na safrinha, o milho é semeado entre os meses de janeiro a março logo após a colheita da soja.

Na safra 1976/1977, a área plantada foi de 11,7 milhões de hectares de milho e a produção foi de 19,2 milhões de toneladas de grãos de milho. Entretanto, na safra 2019/2020, a área brasileira cultivada de milho passará dos 17,5 milhões de hectares, e apresenta perspectiva de produção de 98 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Essa evolução na produção brasileira foi possível principalmente ao uso de melhores tratamentos culturais, melhoria do nível tecnológico dos produtores e do melhoramento genético, com desenvolvimento de

cultivares cada vez mais produtivas, mais precoces, tolerantes ao aumento da população de plantas, tolerantes a seca e resistentes à pragas e doenças (Freitas, 2013; Cruz et al., 2011;).

As cultivares de milho são divididas em variedades de polinização aberta (VPA) e os híbridos. As variedades são obtidas pelo acasalamento ao acaso de um grupo de indivíduos selecionados. Elas são caracterizadas por apresentar baixa produtividade de grãos em relação aos híbridos, maior heterogeneidade relativa, maior resistência a estresses bióticos e abióticos quando comparadas aos híbridos, em função de sua base genética ampla.

Os híbridos são resultantes do cruzamento entre linhagens divergentes, e quando geneticamente distintas e cruzadas, gera-se um híbrido vigoroso devido ao fenômeno da heterose (Borém; Miranda, 2017). A introdução de híbridos foi feita durante a década de 1930, por apresentar elevadas produtividades em relação às variedades, e sua introdução foi considerada uma das maiores conquistas da agricultura moderna (Ozelame; Andreatta, 2013; Gruère et al., 2007; USDA-NATIONAL, 2004). Além disso, os híbridos são divididos em simples, simples modificado, duplo, triplo e triplo modificado. Eles são indicados para produtores de médio a alto nível de tecnologia, e ao mesmo tempo em que apresentam maiores produtividades, necessitam de maiores investimentos na implantação da cultura (Galvão et al., 2017).

O contínuo progresso no melhoramento genético da cultura, por parte dos programas de melhoramento, tem permitido o desenvolvimento e comercialização de cultivares de milho com porte baixo, maior padrão de eritofilia foliar, maiores produtividades e ciclo mais curto. Assim os híbridos mais modernos apresentam maior resistência a quebra e ao acamamento de plantas e permitem o alcance de melhores preços de venda pela colheita antecipada. Podem ficar menor tempo sujeitos a condições climáticas desfavoráveis, facilitam a sucessão com outras culturas e à colheita devido a sua maior uniformidade (Pereira Filho, 2015; Argenta et al., 2001; Osteen, 2000).

Em relação ao ciclo, as cultivares de milho são classificadas em: hiperprecoces, superprecoces, precoces e de ciclo normal. Para esta classificação é levado em conta o número de unidades de calor (UC) que cada genótipo necessita para passar da fase vegetativa para a fase reprodutiva (Pereira Filho, 2015; Guimarães et al., 2004; Almeida et al., 2000; Sangoi, 1993). Assim, as cultivares mais precoces precisam de menos unidades de calor para atingir a fase reprodutiva em relação aos menos precoces.

Quanto maior for a precocidade de um cultivar, menor é o seu número de folhas expandidas até o período de pendramento-espigamento, menor sua área foliar e sua altura

(Klein et al., 2018; Almeida et al., 2000). Dessa forma, cultivares mais precoces apresentam menores taxas de competição intraespecífica pela radiação solar, já que possuem menor número de folhas.

Assim, a seleção de genótipos mais precoces, com maior padrão de eritofilia e menores estaturas demandam de maiores populações de plantas para maximizar a interceptação da radiação solar e produtividade de grãos. Enquanto que híbridos mais altos e ciclo mais tardios podem apresentar piores respostas de produtividade mediante as maiores populações de plantas (Grassini et al., 2011; Huang et al., 2009; Flesch; Vieira, 2004; Argenta et al., 2001).

3.2 População de plantas

O milho é uma cultura que pode responder à alteração da população de plantas, pois não apresenta um mecanismo eficiente de compensação de espaços, devido à baixa prolificidade, perfilhar pouco e possuir limitada capacidade de expansão foliar (Cruz et al., 2011; Strieder et al., 2007). Deste modo, a alteração na população de plantas tem um grande efeito na produtividade do milho, já que alterações na população de plantas implicam em modificações no rendimento final da cultura (Testa et al., 2016; Silva et al., 2006;).

O uso de maiores populações de plantas apresenta vantagens como, melhoria no aproveitamento da água, nutrientes, radiação solar, o que acarreta em redução na competição de plantas daninhas e, ainda, pode aumentar o controle da erosão (Cruz et al., 2011). Assim, o aumento da população de plantas vem acarretando ganhos significativos na produção mundial de milho (Antonietta et al., 2014). Existe uma população de plantas na qual a produtividade de grãos é ótima e varia para cada sistema de produção, genótipo, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo e época de semeadura (Sangoi et al., 2012).

A tolerância à altas populações de plantas envolve múltiplos fatores, como, a capacidade fotossintética, relação fonte-dreno, balanço hormonal e arquitetura de plantas. Fatores estes, que são fortemente influenciados pelo ambiente (Huang et al., 2009). Os genótipos modernos de milho possuem características como ciclo curto, menores alturas, reduzido número de folhas, folhas mais eretas e deste modo tendem a responder de forma positiva ao incremento da população de plantas (Rocha et al., 2016).

De acordo Brachtvogel et al., (2012) folhas mais eretas e em menor número possibilitam menores taxas de autosombreamento, o que aumenta a interceptação de radiação

solar pela planta, pois é possibilitada a maior penetração de luz através do dossel. Estes acontecimentos geram incrementos na taxa fotossintética e conseqüentemente um aumento na disponibilidade de fotoassimilados até a floração do milho. Com maiores taxas de fotoassimilados os híbridos de milho podem obter maiores produtividades de grãos (Morales-Ruiz et al., 2016; Sangoi et al., 2002).

Cultivares de milhos mais modernos, ou seja, mais próximos ao ideótipo apresentam maior número de folhas acima da espiga, sendo estas mais eretas na porção superior e com folhas mais plagiófilas e planófilas na porção mediana e inferior da planta respectivamente (Borém; Miranda, 2017). Deste modo, plantas com este tipo de arquitetura de dossel tem maior eficiência fotossintética. Para Hammer et al., (2009) a capacidade fotossintética da planta de milho pode ser interpretada pelo montante de luz solar interceptada e convertida em fotoassimilados. Assim interceptação e a penetração de luz pelo dossel são os principais fatores para manter a elevada a capacidade fotossintética, produção de matéria seca e partição de assimilados para a espiga. Brekke et al., (2011) afirmam que a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas folhas do milho é influenciada diretamente pela angulação das folhas e interfere ativamente na capacidade do aumento da população de plantas. Assim, melhorias na arquitetura de dossel consistem em uma maneira eficaz de aumentar a produtividade de grãos.

Populações de plantas elevadas podem afetar de maneira negativa os componentes agrônômicos, independentemente do ciclo e das características do híbrido quando analisadas as plantas individualmente (Lashkari et al., 2011). Além disso, o aumento excessivo da população de plantas pode aumentar o coeficiente de extinção da radiação solar, e conseqüentemente, reduzir a atividade fotossintética da planta, de modo que a partição de fotoassimilados para espiga seja prejudicada. Sobretudo também pode acarretar aumento de esterilidade feminina com conseqüente redução do número de grãos por espiga (Sangoi et al., 2016; Marchão et al., 2006). E de acordo com Lashkari et al., (2011), pode causar ainda, diminuição em até 20 % do diâmetro de colmo, tornando as plantas mais susceptíveis ao acamamento e aumentar a competição intraespecífica. Além disto, esse aumento pode interferir negativamente nas características morfológicas de espiga, o que também gera decréscimos na produção por planta.

Sangoi et al., (2016), explicam que em plantios mais adensados são aumentadas as taxas de autosombreamento, o que diminui a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a quantidade de fotoassimilados. Deste modo há natural diminuição de absorção de nutrientes

pelo sistema radicular, devido as menores taxas de direcionamento de fotoassimilados para as raízes. Com o termino da floração, o fluxo de fotoassimilados é voltado majoritariamente para o enchimento de grãos. E quando as taxas fotossintéticas não são suficientes, pode haver abortamento de grãos recém-fertilizados. Além disto, para manutenção de estruturas básicas, a demanda exercida pelos grãos faz com que folhas, raízes e tecidos do colmo senesçam. Assim, como híbridos de milho mais recentes respondem melhor ao aumento da população de plantas, é observado taxas de senescência foliar mais lentas. O que contribui para mais tempo de folhas fotossinteticamente ativas e conseqüentemente, mais tempo para enchimento de grãos. Sobretudo, quando a cultivar é semeada em baixas populações de plantas, a produtividade passa a ser limitada pelo baixo número de espigas na área com efeitos mais negativos à produção de grãos.

De acordo com Van Roekel e Coulter (2011, 2012), nos programas de melhoramento são desenvolvidos híbridos com melhores respostas produtivas à populações de plantas cada vez maiores. E destaca-se que, populações de plantas mais elevadas podem aumentar a produtividade de grãos até atingir o ponto de máximo, até o momento que ocorre a diminuição (Cruz et al., 2011). Deste modo, a recomendação da população de plantas tem obtido atenção dos pesquisadores da área em função das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos modernos, com a finalidade de maximizar a produtividade de grãos.

A população de plantas de milho nos EUA aumentou de 30.000 plantas ha⁻¹ (Duvick, 2005) para uma média estimada de 70.000 plantas ha⁻¹ em 2010 (USDA-NATIONAL, 2011) com uma amplitude de 62.000 até 104.000 plantas ha⁻¹, dependendo da região (Van Roekel e Coulter, 2011, 2012). Nesse mesmo período, a produtividade de grãos passou de 1.287 kg ha⁻¹ em 1930 para 9.595 kg ha⁻¹ (USDA-NATIONAL, 2012). No Brasil, Sangoi et al., (2002) demonstraram que para os híbridos de milho AG 12, AG 303 e DKB 929, que foram disponibilizados na década de 70, 80 e 90, respectivamente, as populações de plantas ótimas para maximização da produtividade de grãos foram de 71.000, 79.000 e 85.000 plantas ha⁻¹. Kappes et al., (2011) e Farinelli et al., (2012) também apontam aumentos semelhantes sob maiores populações de plantas utilizadas em híbridos de milho mais modernos. Observa-se então, uma forte tendência de híbridos mais recentes necessitarem de maiores populações de plantas para maximização de sua produtividade (Rocha et al., 2016; Sangoi et al., 2002; Tollenaar et al., 1992).

Hernández et al., (2014) em experimento com 11 híbridos de milho e 3 populações de plantas em diferentes localidades na Argentina, concluíram que para manejo de populações de plantas não deve ser levado em conta somente as localidades mas também cada genótipo isoladamente. Boiago et al., (2017) ao estudarem o efeito de 4 populações de plantas com 5 híbridos de milho no Brasil, encontraram valores crescentes de produção até a população de plantas de 75.000 plantas ha⁻¹ em Cascavel-PR e 85.000 plantas ha⁻¹ em Rio Verde-GO. Isso indica influencia do local e do genótipo para atingir a população ótima de plantas. De maneira semelhante, Kvitschal et al., (2010) avaliou 2 híbridos simples de milho em 4 populações de plantas e encontrou diferentes populações ótimas entre os híbridos estudados. Entretanto, alguns híbridos rendem maiores produtividades quando a população de plantas é aumentada enquanto outros não respondem à essas alterações (Grassini et al., 2011). Assim, há necessidade de avaliar em diferentes locais, as recomendações da população de plantas na cultura do milho em virtude das modificações introduzidas nos genótipos mais recentes (Rocha et al., 2016).

4. Material e Métodos

4.1 Material Genético

Para realização desse trabalho foram avaliados 10 híbridos de milho provenientes de cinco empresas apresentados na Tabela 1 (Cruz et al., 2015).

Tabela 1. Características agronômicas dos 10 híbridos comerciais de milho avaliados no experimento.

Híbridos	Ciclo	Textura do grão	Tipo	Empresa	Ano
BG7049YH	P	Semi Duro	HT	Biogene	2011
P4285YHR	P	Duro	HS	Pioneer	2013
BM709PRO2	P	Semi Dentado	HS	Biomatrix	2011
DKB390PRO3	P	Semi Duro	HS	Dekalb	2015
MG711PW	P	Duro	HS	Dow Agrosience	2016
2B210PW	SP	Semi Dentado	HT	Dow Agrosience	2013
BG7061YHR	SP	Semi Duro	HT	Biogene	2013
BM915PRO2	SP	Semi Dentado	HSm	Biomatrix	2013
DKB230PRO3	HP	Semi Duro	HS	Dekalb	2013
P1680VYH	HP	Semi Dentado	HS	Pioneer	2016

Fonte: Cruz et al., (2015)

Tipo: HS - Híbrido simples; HT - Híbrido triplo; Ciclo: HP – Hiperprecoce; SP - Superprecoce; P - Precoce.

4.2 Execução Experimental

Os 10 híbridos comerciais de milho foram avaliados em 3 Experimentos. O Experimento 1 foi realizado na safra de 2017/2018, na Estação Experimental do Aeroporto, em Viçosa-MG (UEPE – Aeroporto; 20° 45' 17" S, 42° 52' 57" W; altitude 663 m). Os Experimentos 2 e 3, foram realizados na Estação Experimental de Coimbra, em Coimbra-MG (UEPE – Coimbra; 20° 50' 30" S, 42° 48' 30" W; altitude de 720 m) nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Cada experimento foi realizado sob o delineamento em blocos casualizados com 3 repetições em esquema de parcelas subdivididas. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas em 0,80 m. Para exclusão do efeito de borda e garantia do efeito da população de plantas utilizada em cada subparcela, foram considerados apenas 2 metros das duas linhas centrais, de modo a obter área útil de 3,2 m². As parcelas foram constituídas pelos híbridos (Tabela 1) e as subparcelas das populações

de plantas (50.000, 60.000, 70.000, 80.000, 90.000 ou 100.000 plantas ha⁻¹). Nos 3 Experimentos, a semeadura foi feita na primeira quinzena de novembro dos respectivos anos agrícolas, e foi realizada com a utilização de matracas e com auxílio de réguas feitas de bambu demarcadas (uma para cada população de plantas), sendo utilizadas duas sementes por cova e o excedente foi desbastado manualmente para se chegar na população de plantas desejada.

A adubação de plantio foi realizada conforme as recomendações técnicas para a cultura do milho e com base na análise química do solo. No Experimento 1 aplicou-se 450 kg ha⁻¹ do formulado 4-14-08, no Experimento 2, 400 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 e no Experimento 3 aplicou-se 250 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-16. Já adubação de cobertura foi realizada no estágio V4 e a dosagem foi definida com base na produtividade de grãos esperada. No Experimento 1 e 2 aplicou-se 116,6 kg ha⁻¹ de N em cobertura e no Experimento 3 aplicou-se 51,21 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (Galvão et al., 2017). As médias de precipitação pluvial e de temperaturas máximas e mínimas, durante o período de condução dos experimentos, estão apresentadas na Tabela 2 (INMET, 2019).

Tabela 2. Médias mensais da temperatura do ar e pluviosidade da Microrregião de Viçosa nos durante nos anos agrícolas 2017/18 e 2018/19.

Localidade	Ano	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
<i>Pluviosidade, mm</i>						
Microrregião de Viçosa, MG	2017/2018	105,40	359,00	128,20	139,80	58,40
	2018/2019	274,60	187,00	29,80	155,80	130,80
	<i>Temperatura, °C</i>					
	2017/2018	21,85	22,91	23,25	22,22	22,88
	2018/2019	21,06	22,33	23,78	23,01	22,54

Fonte: INMET, 2019.

4.3 Caracteres Avaliados

Os seguintes componentes de arquitetura de plantas, números de dias para florescimento feminino, número de dias para florescimento masculino e produtividade de grãos e seus componentes, foram avaliados nos três experimentos: comprimento da folha da espiga superior (CF, cm); largura da folha da espiga (LF, cm); área da folha da espiga (AF, cm²), estimada a partir do comprimento e da largura da folha, conforme a expressão $AF = C \times$

$L \times 0,75$ (Tollenaar; Aguilera, 1992), em que C e L representam respectivamente, o comprimento e a largura média da folha da primeira espiga; altura de planta (AP, cm) e altura de espiga (AE, cm), medida como a distância do nível do solo até a inserção da folha bandeira e do nível do solo até a inserção da espiga superior, respectivamente; número de nós abaixo da espiga (NNBE) e número de nós acima da espiga (NNAE), mensurado pela contagem do número de nós; comprimento de entrenós (CE, cm), estimado pela razão entre número de nós totais e altura da planta; diâmetro de colmo (DC, mm), mensurado com uso de paquímetro digital; comprimento de espiga (CE, cm), medido das espigas despalhadas, da base a ponta; comprimento de grão (CG, mm) estimado pela subtração entre diâmetro de espiga e sabugo (mensurado por paquímetro digital) dividido por 2; número de fileiras da espiga (NF) e número de grãos por fileira (NGF) mensurado pela contagem manual média de quatro espigas obtidas dentro da subparcela útil; número de grãos por espiga (NGE) estimado pelo produto das médias de NF e NGF de cada subparcela; florescimento feminino e masculino (FF e FM, dias), foi anotado a data do florescimento quando 50 % das plantas da subparcela apresentaram estilo-estigma visível e pendões viáveis respectivamente; prolificidade (PRL), medido através da razão entre número de espigas da área útil pelo número de plantas; massa de 1000 grãos (M1000, g); produtividade de grãos (PG, kg ha^{-1}), realizada através de colheita manual de todas as espigas da subparcela útil para posterior extrapolação para um hectare, debulha foi feita através de debulhador elétrico, sendo realizada a pesagem e mensuração de umidade, em seguida feito a correção de umidade para 14,5 %.

4.4 Análise Estatística

A análise de variância foi realizada com emprego do software R através do pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2018) a 5% de significância. Nos 3 Experimento, para todos os caracteres avaliados foram realizados uma análise de variância (ANOVA). Para os híbridos foi realizado um teste de agrupamento de médias de Scott-Knott. Para as populações de plantas foi usado o modelo de regressão que mais explicou as variações encontradas, cujos coeficientes foram testados pelo teste T de Student. Os dados foram submetidos à análise de variância de acordo com o seguinte modelo estatístico (Pimentel-Gomes, 2009): $y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$ em que: μ : média geral; γ_k : efeito de bloco ($k = 1, 2$ e 3); α_i : efeito de híbrido ($i = 1, 2, \dots, 10$); β_j : efeito da população de plantas ($j = 50, 60, \dots, 100.000$ plantas ha^{-1}).

¹); $\alpha\beta_{ij}$: efeito da interação do i-ésimo híbrido com a j-ésima população de plantas; ϵ_{ijk} : erro experimental aleatório associado ao valor observado y_{ijk} , isto é, $\epsilon_{ijk} \sim N(\sigma; \sigma^2)$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produtividade de Grãos e Componentes de Produção

Em relação à PG e seus componentes, os CV dos experimentos foram relativamente baixos e variaram de 3,86 % (NF) a 18,86 % (PG) no Experimento 1. Nos Experimentos 2 e 3 respectivamente, os CV foram de 3,95 % (NF) a 20,17 % (PRL) e de 5,18 % (NF) a 24,76 % (PG). Alguns CV semelhantes foram encontrados por Dias et al., (2019), para NF (4,01 %) e PG (10,25 %). Já Boiago et al., (2017) encontraram CV de 14,42 % para PG. Kvitschal et al., (2010) obtiveram CV de 5,22 % para M1000. Segundo Fritsche-Neto et al., (2012), com algumas exceções, esses valores do CV são classificados de médio e baixo, o que mostra boa precisão experimental nos 3 Experimentos.

Houve efeito de híbridos ($P < 0,05$) para quase todos os caracteres avaliados nos 3 Experimentos, com exceção de PRL em Coimbra (Tabela 8). Em relação à população de plantas, houve significância ($P < 0,05$) para quase todas variáveis nos 3 Experimentos, com exceção de NF e CG, no Experimento 1, e NF e PRL, no Experimento 2. A interação entre híbridos de milho e populações de plantas foi significativa ($P < 0,05$) para CE, NGF, NGE, M1000 e PG, no Experimento 1. As interações nos Experimentos 2 e 3 foram significativas, respectivamente, para NF e PG; CE, NGE, CG e PG (Tabela 3).

As diferenças de resultados obtidos no presente trabalho evidenciam a interferência do local para cada variável estudada para os efeitos de população de plantas e de híbridos. Resultados estes que corroboram com Sangoi et al., (2012) que afirmam que para cada local de cultivo, época de semeadura e estrutura genética do cultivar existe uma população ótima. Farinelli et al., (2012) e Kvitschal et al., (2010) também observaram diferenças significativas entre os cultivares estudados, para os caracteres M1000 e PG. Hernández et al., (2014) em experimento com 11 híbridos de milho e 3 populações de plantas na Argentina, observaram diferença significativa para os efeitos de híbridos e população de plantas para PG, NGE e M1000.

Já para interação entre os tratamentos utilizados, verificaram significância para PG e NGE. Van Roekel e Coulter (2012) observaram diferenças entre os híbridos e população de plantas para PG e M1000. Rocha et al., (2011) encontraram diferenças significativas entre os efeitos dos híbridos e populações de plantas para CE. Boiago et al., (2017) em experimento com 5 híbridos, 2 espaçamentos e 4 populações de plantas não verificou efeito de interação entre tratamentos para PG.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os caracteres de componentes de produção: prolificidade (PRL), comprimento de espiga (CE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NF), número de grãos por espiga (NGE), comprimento de grão (CG, mm), massa de 1000 grãos (M1000, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹) mensurados em dez híbridos de milho avaliados em seis populações plantas, em Viçosa, MG e Coimbra, MG, nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

Fonte de Variação	GL	QM							
		PRL	CE	NF	NGF	NGE	CG	M1000	PG
<i>Experimento 1</i>									
Bloco	2	0,025*	4,16	0,09	31,73	8.438,34	0,63	330,62	2.979.998,93
Híbrido (H)	9	0,03*	11,19*	25,57*	32,58*	29.882,23*	7,05*	9.279,63*	30.962.253,18*
Res (a)	18	0,01	1,81	0,35	10,93	2633,02	0,85	363,01	2.820.937,05
CV _% (a)		7,84	9,01	3,86	9,75	9,87	8,67	5,57	18,66
Pop de Plantas (P)	5	0,11*	35,44*	0,81	179,80*	55.676,00*	1,35	8.250,92*	6.222.728,17*
H x P	45	0,01	1,71*	0,78	9,36*	2.998,02*	0,72	551,30*	1.883.127,04*
Res (b)	100	0,00	1,04	0,59	5,90	1.828,31	0,73	297,77	1.201.303,32
CV _% (b)		9,57	6,84	5,01	7,18	8,22	8,05	5,04	12,78
<i>Experimento 2</i>									
Bloco	2	0,00	0,79	0,02	9,14	2.881,13	0,29	226,53	1.503.742,42
Híbrido (H)	9	0,02	18,04*	43,26*	81,43*	2.768,25*	10,36*	8.006,50*	10.574.302,12*
Res (a)	18	0,04	0,65	0,46	8,31	2.013,46	0,57	604,72	706.599,31
CV _% (a)		20,02	5,05	3,95	8,18	8,01	6,94	7,26	8,90
Pop de Plantas (P)	5	2,15*	32,79*	0,68	124,62*	41.338,51*	2,71*	8.545,01*	6.650.754,54*
H x P	45	0,05	0,82	0,98*	4,58	2.499,03	0,62	896,84	1.233.616,47*
Res (b)	100	0,04	0,79	0,63	5,62	1.922	0,49	803,53	600.139,63
CV _% (b)		20,17	5,61	4,99	6,73	7,83	6,43	8,36	8,22
<i>Experimento 3</i>									
Bloco	2	0,003	0,08	2,51	2,08	3.072,07	0,25	419,72	4.002.514,11
Híbrido (H)	9	0,07	19,91*	36,78*	83,37*	30.126,03*	9,84*	7.856,93*	14.059.816,03*
Res (a)	18	0,09	2,16	1,06	17,52	5.942,11	0,91	1.272,26	3.721.199,31
CV _% (a)		7,17	10,03	6,56	13,45	15,83	8,62	10,71	24,76
Pop de Plantas (P)	5	0,12*	30,85*	2,87*	145,26*	58.170,36*	5,13*	5.160,34*	1.919.698,72
H x P	45	0,08	1,32*	0,94	6,68	2.811,12*	0,74*	724,92	2.298.808,23*
Res (b)	100	0,40	0,67	0,66	4,68	1.639,37	0,47	748,81	1.161.510,54
CV _% (b)		6,55	5,67	5,18	6,95	8,32	6,17	8,21	13,83

“*” Significativo pelo teste F a $P < 0,05$.

5.1.1 Produtividade de Grãos

Foi detectada diferentes interações híbridos x populações de plantas para PG nos 3 Experimentos realizados. O que indicou que as populações devem ser recomendadas com base no híbrido, local e podem variar de acordo com as condições climáticas. No Experimento 1, o híbrido BG7049YH apresentou relação positiva com o acréscimo na população de plantas e a maior média deste híbrido foi em 90.000 plantas ha⁻¹. No Experimento 2, o híbrido BM709PRO2 e BG7061YHR apresentaram o ponto de máximo em 90.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. Já para híbridos 2B210PW, MG711PW e DKB230PRO3 foram obtidas relações positivas com o uso de maiores populações de plantas e as maiores médias foram em 90.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. No Experimento 3, o híbrido BG7061YHR apresentou relação positiva com o aumento da população de plantas e maior média em 90.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 4).

Van Roekel e Coulter (2012), não detectaram interação entre híbridos e população de plantas, porém também observaram menores médias de PG entre os híbridos mais precoces para todas as populações estudadas. Kvitschal et al., (2010) encontraram relação quadrática para todas interações dos híbridos com as populações de plantas em PG. Os autores atribuíram essa tolerância a elevadas populações de plantas à precocidade, baixa estatura e arquitetura moderna de dossel.

Cerrudo et al., (2012) explicam que a competição inicial das plantas de milho com plantas invasoras acarreta em redução da radiação fotossinteticamente ativa para as plântulas. As menores taxas de radiação geram redução na matéria seca, número, peso dos grãos e, conseqüentemente da PG. De acordo com Rocha et al., (2016) e Sarlangue et al., (2007), híbridos de milho mais modernos apresentam como características: maior precocidade, maior padrão de eritofilia, menor número de folhas, AP e AE. Estas características apresentam tendência de responder de maneira positiva ao aumento populacional, através da maior interceptação da radiação solar e conseqüentemente maior disponibilidade de fotoassimilados para planta. Sangoi et al., (2013) ao comparar um híbrido considerado antigo (AG303) e um híbrido contemporâneo (P30F53) em seu experimento, observou melhores respostas ao aumento populacional no híbrido mais moderno.

Tollenaar e Dwyer (2012) explicam que em elevadas populações de plantas os cultivares mais modernos, conseguem maiores taxas de absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão de luz no espectro do vermelho extremo (VE). Fato de muita importância para os cultivares de milho, que em populações de plantas elevadas recebem maior taxa de luz no espectro VE, o que aumenta a relação VE/V. Segundo estes autores, o aumento da proporção VE/V determina modificações prejudiciais no desenvolvimento das plantas tais como, estiolamento, alto grau de perda de raízes, folhas mais compridas e finas, o que diminui indiretamente a produção. Hammer et al., (2009), com seu trabalho sobre o aumento histórico da produtividade do milho nos EUA, identificaram que as alterações na arquitetura do dossel das plantas de milho tiveram um importante efeito no aumento da produção do milho, com maiores taxas de aproveitamento de luz e partição de carboidratos para as espigas.

De acordo com Fumagalli et al., (2017) o uso de maiores populações de plantas, reduzem as médias dos componentes de produção, entretanto há compensação na produção pelo aumento de plantas na área. Porém ressalta-se que o aumento populacional em excesso acarreta maiores taxas de competição intraespecífica, o que estimula a dominância apical e gera mais autosombreamento, o que acarreta em maiores taxas de esterilidade feminina e, conseqüentemente, limitação da PG. Porém no presente trabalho os resultados indicam que as características como precocidade, arquitetura de dossel moderna, disposição das folhas ao longo da planta e estatura, não são suficientes nesses híbridos ao ponto de gerar incrementos consistentes de PG frente ao aumento de população de plantas.

Na Tabela 4 também pode ser observada a diferença de PG obtida nos Experimentos 1 e 2 com relação ao Experimento 3. Essa diferença pode ser explicada pelas diferenças de regularidade de precipitação pluvial, que ocorreram durante o início do mês de janeiro até o início de fevereiro, em que houve um período de estiagem de 35 dias (Tabela 2). Este período de estiagem coincidiu com o pré-florescimento até a fase fenológica R2/3 de alguns híbridos, quando ocorre o enchimento de grãos. De acordo com Bergamaschi et al., (2009), o período de enchimento de grãos é um período crítico ao estresse hídrico, e a falta de chuvas pode acarretar redução na PG.

Tabela 4. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Produtividade de Grãos (PG, kg ha⁻¹), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos 3 Experimentos em Minas Gerais.

(Continua)

Produtividade de Grãos (PG, kg ha ⁻¹)									
Experimento 1									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	7.997 b	7.081 b	7.542 b	8.026 b	10.000 a	8.364 b	$\hat{y} = 5.794,73 + 31,6494\text{pop}$	0,35
P4285YHR	P	8.717 a	8.176 b	10.237 a	9.460 a	9.855 a	8.691 b	$\bar{y} = 9.189$	-
BM709PRO2	P	10.479 a	10.125 a	10.416 a	10.515 a	11.926 a	11.953 a	$\bar{y} = 10.902$	-
DKB390PRO3	P	9.799 a	9.869 a	11.052 a	10.396 a	10.547 a	11.093 a	$\bar{y} = 10.459$	-
MG711PW	P	10.707 a	10.458 a	9.269 a	11.012 a	11.471 a	11.135 a	$\bar{y} = 10.676$	-
2B210PW	SP	6.926 b	8.006 b	7.530 b	8.332 b	9.316 a	8.894 b	$\bar{y} = 8.167$	-
BG7061YHR	SP	6.061 b	6.910 b	7.444 b	7.178 b	7.216 b	6.942 b	$\bar{y} = 6.958$	-
BM915PRO2	SP	9.467 a	8.691 b	8.519 b	8.162 b	10.442 a	9.312 b	$\bar{y} = 9.099$	-
DKB230PRO3	HP	6.794 b	6.844 b	9.560 a	10.619 a	7.308 b	8.661 b	$\bar{y} = 8.298$	-
P1680VYH	HP	8.676 a	8.020 b	7.221 b	8.753 b	7.610 b	8.245 b	$\bar{y} = 8.087$	-
Média Geral	-	8.562	8.418	8.879	9.245	9.569	9.329	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 4. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Produtividade de Grãos (PG, kg ha⁻¹), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos 3 Experimentos em Minas Gerais.

(Continuação)

		Experimento 2							
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	8.952 a	8.687 b	8.680 b	9.370 b	9.863 a	9.268 b	$\hat{y} = 9.137$	-
P4285YHR	P	9.455 a	9.494 a	9.702 a	8.972 b	8.244 b	8.647 b	$\hat{y} = 9.085$	-
BM709PRO2	P	9.498 a	10.091 a	10.949 a	10.623 a	11.819 a	10.778 a	$\hat{y} = 1.718,95 + 214,8197\text{pop} - 1,2176\text{pop}^2$	0,76
DKB390PRO3	P	9.188 a	10.216 a	10.744 a	10.363 a	10.537 a	10.139 a	$\hat{y} = 10.198$	-
MG711PW	P	9.462 a	9.510 a	9.669 a	11.233 a	10.077 a	11.423 a	$\hat{y} = 7.428,38 + 37,3419\text{pop}$	0,63
2B210PW	SP	8.898 a	9.136 a	9.892 a	9.404 b	10.702 a	10.713 a	$\hat{y} = 6.944,30 + 37,9535\text{pop}$	0,82
BG7061YHR	SP	6.955 c	7.869 b	9.229 b	10.297 a	8.901 b	9.580 b	$\hat{y} = - 6.520,58 + 376,2305\text{pop} - 2,1789\text{pop}^2$	0,83
BM915PRO2	SP	8.593 a	8.858 b	8.875 b	9.415 b	8.528 b	8.906 b	$\hat{y} = 8.863$	-
DKB230PRO3	HP	8.265 b	8.475 b	9.434 b	9.337 b	10.980 a	10.615 a	$\hat{y} = 5.411,08 + 54,7545\text{pop}$	0,87
P1680VYH	HP	8.257 b	7.402 b	8.141 b	7.770 c	9.039 b	8.441 b	$\hat{y} = 8.175$	-
Média Geral	-	8.752	8.974	9.531	9.678	9.869	9.851	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 4. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Produtividade de Grãos (PG, kg ha⁻¹), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos 3 Experimentos em Minas Gerais.

(Conclusão)

Experimento 3									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	7.613 a	7.405 a	5.958 b	6.177 b	7.963 b	5.498 b	$\hat{y} = 6.769$	-
P4285YHR	P	7.704 a	6.590 a	7.280 b	8.711 a	6.884 b	8.761 a	$\hat{y} = 7.655$	-
BM709PRO2	P	7.821 a	7.414 a	9.147 a	9.408 a	11.197 a	6.694 b	$\hat{y} = 8.614$	-
DKB390PRO3	P	8.389 a	7.884 a	8.745 a	7.982 a	6.326 b	8.733 a	$\hat{y} = 8.010$	-
MG711PW	P	9.468 a	9.248 a	9.772 a	9.622 a	10.127 a	8.833 a	$\hat{y} = 9.512$	-
2B210PW	SP	6.920 a	7.985 a	7.393 b	6.771 b	7.822 b	6.849 b	$\hat{y} = 7.290$	-
BG7061YHR	SP	7.341 a	8.052 a	7.510 b	9.379 a	9.904 a	8.667 a	$\hat{y} = 5.464,51 + 40,1499\text{pop}$	0,53
BM915PRO2	SP	6.644 a	6.985 a	7.477 b	6.255 b	6.266 b	6.835 b	$\hat{y} = 6.744$	-
DKB230PRO3	HP	6.685 a	6.719 a	7.137 b	7.954 a	6.815 b	7.369 b	$\hat{y} = 7.113$	-
P1680VYH	HP	7.207 a	7.115 a	7.968 b	7.987 a	8.124 b	7.913 a	$\hat{y} = 7.725$	-
Média Geral	-	7.579	7.539	7.839	8.025	8.143	7.615	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

5.1.2 Massa de 1000 Grãos e Comprimento de Grãos

Nos Experimentos 2 e 3, não houveram interações híbridos x população de plantas. Os híbridos BM709PRO2 e MG711PW obtiveram as maiores médias nos Experimentos 2 e 3, respectivamente. No Experimento 2 o efeito de população de plantas apresentou ponto de mínimo, já no Experimento 3 não foi ajustado uma equação com sentido biológico que descrevesse a relação dos efeitos populacionais nos híbridos estudados (Tabela 5). No Experimento 1 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Em que o híbrido DKB230PRO3 apresentou ponto de máximo em 70.000 plantas ha⁻¹, o híbrido BM915PRO2 apresentou ponto de mínimo e obteve a maior média em 50.000 plantas ha⁻¹. Já os híbridos P1680VYH, DKB390PRO3, BG7061YHR e 2B210PW apresentaram as maiores médias em 50.000 plantas ha⁻¹ e estas foram diminuídas à medida que se aumentou a população de plantas (Tabela 6).

Kvitschal et al., (2010) encontraram resposta quadrática de M1000 com o aumento da população de plantas. Já Kappes et al., (2011) e Rambo et al., (2011) encontraram diminuição das médias de M1000 com o aumento da população de plantas.

Para Sangoi et al., (2016), a durabilidade das folhas fotossinteticamente ativas (Stay Green) aumentam a quantidade e taxa da fotossíntese. Os fotoassimilados, por sua vez, podem ser direcionados em maiores taxas para as raízes e, portanto, aumentam a taxa de absorção de nutrientes. Deste modo são diminuídas as taxas de senescência das folhas em função da maior quantidade de fotoassimilados disponíveis durante o período de enchimento de grãos. Pois, com o termino da floração, o fluxo de fotoassimilados é voltado majoritariamente para o enchimento de grãos. E quando as taxas fotossintéticas não são suficientes para manutenção de estruturas básicas, a demanda exercida pelos grãos faz com que folhas, raízes e tecidos da base do colmo senesçam. É visto que em plantios mais adensados são aumentadas as taxas de autosombreamento, o que diminui atividade fotossintética e que traz, por consequência, menor absorção de nutrientes no período de enchimento de grãos.

Assim, o uso de maiores populações de plantas gera maior competição intraespecífica por fatores ambientais, e assim é reduzida a disponibilidade de fotoassimilados para demanda de enchimento dos grãos em detrimento de outras estruturas. Portanto, é observado que, com maiores níveis de “Stay-Green” nas folhas,

há mais tempo para acúmulo de fotoassimilados, o que pode aumentar as médias de M1000 (Sangoi et al., 2016).

Nas Tabelas 5 e 6 pode-se observar também que os maiores valores de M1000 ficaram entre os híbridos menos precoces para todas populações de plantas estudadas. O que pode ser explicado por Klein et al., (2018), que afirmam que quanto menos precoce é um híbrido de milho, há mais tempo para acúmulo de fotoassimilados.

Tabela 5. Massa de 1000 Grãos (M1000, g) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Massa de 1000 grãos (M1000, g)	
		Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	346,32 a	348,19 a
P4285YHR	P	355,08 a	344,29 a
BM709PRO2	P	361,98 a	297,38 b
DKB390PRO3	P	358,92 a	349,61 a
MG711PW	P	310,71 b	362,51 a
2B210PW	SP	318,26 b	306,83 b
BG7061YHR	SP	346,60 a	336,00 a
BM915PRO2	SP	335,56 a	338,50 a
DKB230PRO3	HP	352,58 a	335,58 a
P1680VYH	HP	303,20 b	312,39 b
Média Geral	-	338,92	333,13
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 489,05 - 3,6130\text{pop} + 0,0187\text{pop}^2$ ($R^2 = 0,88$)	Não Ajustado

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 6. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Massa de 1000 Grãos (M1000, g), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 1 em Minas Gerais.

Massa de 1000 grãos (M1000, g)									
Experimento 1									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	367,03 a	369,67 a	350,25 a	336,67 b	364,39 a	345,31 a	$\hat{y} = 355,55$	-
P4285YHR	P	381,98 a	375,58 a	382,71 a	385,53 a	373,83 a	373,48 a	$\hat{y} = 379,14$	-
BM709PRO2	P	387,19 a	374,44 a	379,06 a	355,79 a	363,26 a	351,71 a	$\hat{y} = 368,58$	-
DKB390PR	P	384,79 a	366,93 a	372,37 a	339,14 b	326,14 b	303,98 b	$\hat{y} = 468,82 - 1,5990\text{pop}$	0,93
MG711PW	P	341,22 b	338,15 b	339,93 b	333,19 b	325,24 b	304,58 b	$\hat{y} = 330,39$	-
2B210PW	SP	346,87 b	316,97 b	310,54 b	293,49 c	282,88 c	279,67 b	$\hat{y} = 402,64 - 1,3009\text{pop}$	0,93
BG7061 YHR	SP	362,48 b	344,54 b	317,56 b	326,99 b	316,40 b	291,21 b	$\hat{y} = 418,96 - 1,2324\text{pop}$	0,87
BM915PRO2	SP	373,53 a	353,83 a	331,12 b	299,29 c	320,86 b	306,08 b	$\hat{y} = 623,15 - 6,7395\text{pop} + 0,0360\text{pop}^2$	0,89
DKB230PR	HP	358,67 b	360,78 a	370,29 a	358,06 a	368,04 a	308,29 b	$\hat{y} = 113,17 + 7,5420\text{pop} - 0,0549\text{pop}^2$	0,75
P1680VYH	HP	346,29 b	340,76 b	308,54 b	322,76 b	309,68 b	313,90 b	$\hat{y} = 375,28 - 0,6261\text{pop}$	0,63
Média Geral	-	365,01	354,17	346,24	335,09	335,07	317,82	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Nos Experimentos 1 e 2 não houveram interações híbridos x população de plantas para CG. Em ambos experimentos o híbrido P1680VYH obteve as maiores médias. E somente no Experimento 2 as médias de CG apresentaram ponto de mínimo com o aumento das populações de plantas (Tabela 7).

No Experimento 3 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Em que os híbridos DKB390PRO3, MG711PW e BG7061YHR diminuíram a média com o uso de maiores populações de plantas e conseqüentemente apresentaram as maiores médias de CG em 50.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 8). Dias et al., (2019) semelhantemente a este trabalho também encontraram diminuição das médias de CG com plantios mais adensados. Sangoi et al., (2016) acrescentam que a medida que se aumenta a população de plantas há um crescimento da competição intraespecífica, o que gera redução na média dos componentes agrônômicos.

Tabela 7. Médias de Comprimento de Grãos (CG, mm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1 e 2 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Comprimento de Grãos (CG, mm)	
		Experimento 1	Experimento 2
BG7049YH	P	10,29 b	10,28 b
P4285YHR	P	10,41 b	10,70 b
BM709PRO2	P	10,28 b	10,92 b
DKB390PRO3	P	10,01 b	9,41 c
MG711PW	P	11,32 a	11,17 b
2B210PW	SP	10,11 b	10,74 b
BG7061YHR	SP	10,16 b	10,91 b
BM915PRO2	SP	10,65 b	10,78 b
DKB230PRO3	HP	11,30 a	11,79 a
P1680VYH	HP	11,83 a	12,17 a
Média Geral	-	10,64	10,89
Eq. Reg.	-	NS	$\hat{y} = 14,40 - 0,0859x + 0,0005x^2$ (R ² = 0,72)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 8. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Comprimento de Grãos (CG, mm), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 3 em Minas Gerais.

Comprimento de Grãos (CG, mm)									
Experimento 3									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	11,93 b	10,46 b	10,15 b	11,11 b	10,98 b	9,70 b	$\hat{y} = 10,72$	-
P4285YHR	P	9,82 d	10,67 b	10,55 b	10,68 b	10,39 b	10,86 a	$\hat{y} = 10,50$	-
BM709PRO2	P	11,45 c	10,83 b	11,26 a	10,61 b	11,28 b	10,58 a	$\hat{y} = 11,00$	-
DKB390PR	P	11,38 c	10,49 b	10,88 b	9,85 b	8,43 c	9,25 b	$\hat{y} = 13,87 - 0,0510x$	0,76
MG711PW	P	13,08 a	12,54 a	12,00 a	11,65 a	11,66 a	11,35 a	$\hat{y} = 14,54 - 0,0332x$	0,92
2B210PW	SP	10,95 c	10,28 b	10,05 b	11,17 b	10,13 b	10,00 b	$\hat{y} = 10,43$	-
BG7061YHR	SP	12,16 b	11,17 b	11,40 a	10,97 b	10,81 b	10,37 b	$\hat{y} = 13,39 - 0,0298x$	0,85
BM915PRO2	SP	11,95 b	10,89 b	10,93 b	11,05 b	10,73 b	10,86 a	$\hat{y} = 11,07$	-
DKB230PR	HP	12,07 b	12,33 a	11,45 a	11,03 b	10,98 b	11,12 a	$\hat{y} = 11,49$	-
P1680VYH	HP	13,17 a	12,03 a	12,46 a	12,76 a	12,46 a	11,74 a	$\hat{y} = 12,44$	-
Média Geral	-	11,80	11,17	11,11	11,09	10,79	10,58	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

5.1.3 Número de Fileiras de Grãos, Número de Grãos por Fileiras, Número de Grãos por Espiga.

Os Experimentos 1 e 3 não apresentaram interação híbridos x populações de plantas para NF. Os híbridos MG711PW e P1680VYH obtiveram as maiores médias nos Experimentos 1 e 3, respectivamente. Foi obtida uma relação de diminuição das médias de NF com uso de maiores populações de plantas no Experimento 3 (Tabela 9).

Já no Experimento 2, foi observada a interação híbridos x populações de plantas. No híbrido BM915PRO2 foi obtida uma relação negativa com o aumento da população de plantas e a maior média foi observada em 50.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 10). Dias et al., (2019) em encontraram resultados semelhantes a este trabalho, com a relação negativa de NF em função do aumento da população de plantas. Kappes et al., (2011a) obtiveram diminuição nas médias de NF sob população de 90.000 plantas ha⁻¹ em relação as outras populações estudadas no híbrido de milho AG9010. E atribuíram o resultado ao maior nível de competição intraespecífica por fatores ambientais.

Tabela 9. Médias de Número de fileiras de grãos (NF) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Número de fileiras de grãos (NF)	
		Experimento 1	Experimento 3
BG7049YH	P	14,94 c	15,14 c
P4285YHR	P	13,97 e	14,42 d
BM709PRO2	P	14,53 d	18,14 a
DKB390PRO3	P	16,28 b	14,56 d
MG711PW	P	17,53 a	16,17 b
2B210PW	SP	16,08 b	16,61 b
BG7061YHR	SP	13,89 e	14,33 d
BM915PRO2	SP	15,36 c	15,17 c
DKB230PRO3	HP	14,61 d	14,39 d
P1680VYH	HP	16,46 b	17,76 a
Média Geral	-	15,37	15,67
Eq. Reg.	-	NS	$\hat{y} = 16,86 - 0,0158x$ ($R^2 = 0,92$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 10. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Número de fileiras de grãos (NF), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 2 em Minas Gerais.

Número de fileiras de grãos (NF)									
Experimento 2									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	39,83 a	34,5 a	32,75 b	34,42 a	31,92 a	28,67 b	$\bar{y} = 14,69$	-
P4285YHR	P	40,83 a	36,67 a	36,75 a	28,75 a	31,25 a	29,08 b	$\bar{y} = 14,07$	-
BM709PRO2	P	38,25 a	38,00 a	36,17 a	35,83 a	33,33 a	36,67 a	$\bar{y} = 14,61$	-
DKB390PRO3	P	39,75 a	37,00 a	31,33 b	32,75 a	32,08 a	29,67 b	$\bar{y} = 17,19$	-
MG711PW	P	40,25 a	36,17 a	33,25 b	33,58 a	35,67 a	31,33 b	$\bar{y} = 18,00$	-
2B210PW	SP	34,42 b	34,42 a	31,58 b	32,58 a	31,83 a	31,08 b	$\bar{y} = 16,78$	-
BG7061YHR	SP	36,92 b	35,00 a	36,17 a	32,92 a	31,33 a	33,88 a	$\bar{y} = 14,56$	-
BM915PRO2	SP	37,25 b	32,92 a	34,25 a	32,42 a	32,83 a	29,50 b	$\hat{y} = 19,79 - 0,0505x$	0,83
DKB230PRO3	HP	36,33 b	34,67 a	34,67 a	34,67 a	32,50 a	32,42 a	$\bar{y} = 15,22$	-
P1680VYH	HP	35,25 b	33,25 a	30,25 b	30,92 a	31,50 a	27,00 b	$\bar{y} = 14,07$	-
Média Geral	-	37,91	35,26	33,72	32,88	32,42	30,93	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Para NGF, não foi observada interação híbridos x população de plantas nos Experimentos 2 e 3. Os híbridos BG7049YH e P4285YHR obtiveram as maiores médias nos Experimentos 2 e 3, respectivamente. Em ambos os Experimentos foram encontradas relações de diminuição da média de NGF com o uso de maiores populações de plantas (Tabela 11).

No Experimento 1 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Os híbridos BG7049YH, DKB390PRO3, MG711PW, BM915PRO2 e P1680VYH apresentaram diminuição das médias de NGF com uso de maiores populações de plantas e as maiores médias foram obtidas em 50.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 11. Médias de Número de grãos por fileiras (NGF) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Número de grãos por fileiras (NGF)	
		Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	37,89 a	30,93 b
P4285YHR	P	35,78 a	33,25 a
BM709PRO2	P	37,13 a	31,50 a
DKB390PRO3	P	34,34 b	32,85 a
MG711PW	P	35,27 a	29,10 b
2B210PW	SP	34,10 b	29,68 b
BG7061YHR	SP	37,08 a	33,07 a
BM915PRO2	SP	31,78 c	27,32 b
DKB230PRO3	HP	36,73 a	33,83 a
P1680VYH	HP	32,06 c	29,63 b
Média Geral	-	34,21	31,12
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 43,23 - 0,1069x$ ($R^2 = 0,96$)	$\hat{y} = 39,82 - 0,1161x$ ($R^2 = 0,97$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 12. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Número de grãos por fileiras (NGF), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 1 em Minas Gerais.

Número de grãos por fileiras (NGF)									
Experimento 1									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	39,83 a	34,5 a	32,75 b	34,42 a	31,92 a	28,67 b	$\hat{y} = 46,95 - 0,1769x$	0,80
P4285YHR	P	40,83 a	36,67 a	36,75 a	28,75 a	31,25 a	29,08 b	$\bar{y} = 33,89$	-
BM709PRO2	P	38,25 a	38,00 a	36,17 a	35,83 a	33,33 a	36,67 a	$\bar{y} = 36,38$	-
DKB390PRO3	P	39,75 a	37,00 a	31,33 b	32,75 a	32,08 a	29,67 b	$\hat{y} = 47,43 - 0,1821x$	0,80
MG711PW	P	40,25 a	36,17 a	33,25 b	33,58 a	35,67 a	31,33 b	$\hat{y} = 44,85 - 0,1307x$	0,63
2B210PW	SP	34,42 b	34,42 a	31,58 b	32,58 a	31,83 a	31,08 b	$\bar{y} = 32,65$	-
BG7061YHR	SP	36,92 b	35,00 a	36,17 a	32,92 a	31,33 a	33,88 a	$\bar{y} = 34,37$	-
BM915PRO2	SP	37,25 b	32,92 a	34,25 a	32,42 a	32,83 a	29,50 b	$\hat{y} = 41,94 - 0,1167x$	0,74
DKB230PRO3	HP	36,33 b	34,67 a	34,67 a	34,67 a	32,50 a	32,42 a	$\bar{y} = 34,21$	-
P1680VYH	HP	35,25 b	33,25 a	30,25 b	30,92 a	31,50 a	27,00 b	$\hat{y} = 41,18 - 0,1310x$	0,77
Média Geral	-	37,91	35,26	33,72	32,88	32,42	30,93	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O Experimento 2 não apresentou interação híbridos x populações de plantas para NGE. O híbrido MG711PW obteve a maior média, e o efeito do aumento da população de plantas gerou diminuição de média de NGE (Tabela 13). Nos Experimentos 1 e 3 foi observado a interação híbridos x populações de plantas. Em que o híbrido DKB390PRO3 apresentou ponto de mínimo com uso de maiores populações de plantas e sua maior média foi em 50.000 plantas ha⁻¹. Os híbridos P1680VYH, MG711PW, 2B210PW e BG7049YH apresentaram relações negativas com o aumento da população de plantas e as respectivas maiores médias foram observadas em 50.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 14).

Os resultados encontrados reforçam os encontrados por Rocha et al., (2011) e Demétrio et al., (2008) que também encontraram decréscimos de NGE com o incremento de populações de plantas. De acordo com Lashkari et al., (2011), populações de plantas muito elevadas afetam de maneira negativa os componentes agrônômicos, independente do ciclo e características do híbrido, quando analisadas as plantas individualmente.

Marchão et al., (2006) explica que o aumento da população de plantas faz crescer o coeficiente de extinção da radiação solar. Assim é reduzida a atividade fotossintética da planta, de modo que a partição de fotoassimilados para a espiga é prejudicada, o que aumenta a taxa de esterilidade feminina, e assim é diminuído o NGE. Sangoi et al., (2007) explicam que em maiores populações de plantas as médias de NGE são reduzidas pelo aborto de óvulos recém fertilizados no início do período de enchimento de grãos. Pois, diminuem-se as taxas de transporte de hormônios e fotoassimilados de modo que as espigas se tornam menos competitivas e acabam por se tornar menos funcionais e perdem sua capacidade de produzir grãos.

Sangoi et al., (2013) complementam que a sincronização entre a antese e o espigamento atrelados a baixa esterilidade feminina ajudam a retardar a senescência foliar depois do florescimento. É sabido que maiores populações de plantas diminuem as taxas de fotossíntese por planta, através do autosombreamento. E de acordo com Taiz e Zeiger (2017) menores taxas de fotossíntese reduzem o suprimento de carboidratos às raízes, o qual é fundamental para o processo de absorção de nitrogênio e outros nutrientes. De acordo com Sangoi et al., (2013), este conjunto de eventos acelera a senescência foliar, o que diminui o período de enchimento de grãos e aumenta as taxas

de esterilidade feminina e por consequência são obtidas menores médias de NGE. Segundo os autores, em seu experimento foi encontrado aumento das médias de FF e FM com o aumento das populações de planta. Fato este que corroborou para acentuar a falta de sincronização entre a antese e o espigamento, o que contribuiu para a obtenção de menores médias de NGE. Sangoi et al. (2007), explicam que o período de polinização da planta é bem definida e a dessincronização entre antese e espigamento, promovida por populações de plantas elevadas, resulta em redução do número de espigas fertilizadas, o que reduz a PG.

Em suma, a eficiência dos híbridos mais modernos é maior para suprir os drenos em relação aos mais antigos. Os híbridos contemporâneos apresentam maiores taxas fotossintéticas já que apresentam, folhas mais eretas e menor número e baixa estatura. As maiores taxas de fotossíntese determinam maior quantidade de fotoassimilados para as raízes e essas por sua vez podem absorver mais nutrientes.

Deste modo a utilização de híbridos mais modernos permite o uso de maiores populações de plantas. As maiores taxas fotossintéticas determinam maior a quantidade de fotoassimilados e a planta consegue atender melhor a demanda para formação da nova espiga, o que prolonga o tempo de enchimento de grãos e evita o aborto de óvulos fertilizados e aumenta o NGE (Sangoi et al., 2013).

Tabela 13. Médias de Número de grãos por espiga (NGE) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 2 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Número de grãos por espiga (NGE)
		Experimento 2
BG7049YH	P	555,61 c
P4285YHR	P	504,38 d
BM709PRO2	P	542,22 c
DKB390PRO3	P	590,18 b
MG711PW	P	635,17 a
2B210PW	SP	571,16 b
BG7061YHR	SP	539,22 c
BM915PRO2	SP	510,26 d
DKB230PRO3	HP	560,02 c
P1680VYH	HP	588,71 b
Média Geral	-	559,73
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 706,62 - 1,9591x$ ($R^2 = 0,97$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 14. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Número de grãos por espiga (NGE), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1 e 3 em Minas Gerais.

Número de grãos por espiga (NGE)									
Experimento 1									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	590,21 b	494,83 c	491,88 a	510,58 b	498,75 b	430,00 b	$\hat{y} = 667,83 - 2,2017x$	0,64
P4285YHR	P	544,79 c	519,42 c	532,42 a	391,92 c	446,83 b	402,29 b	$\bar{y} = 472,94$	-
BM709PRO2	P	572,96 b	557,5 b	530,58 a	507,58 b	472,54 b	529,79 a	$\bar{y} = 528,49$	-
DKB390PRO3	P	669,08 a	591,00 b	517,21 a	535,63 b	508,92 b	479,46 a	$\hat{y} = 1.213,12 - 14,917x + 0,0770x^2$	0,86
MG711PW	P	731,88 a	651,13 a	576,83 a	608,04 a	593,00 a	528,21 a	$\hat{y} = 863,74 - 3,3186x$	0,78
2B210PW	SP	533,04 c	546,17 c	537,17 a	522,67 b	520,21 b	492,96 a	$\hat{y} = 402,64 - 1,301x$	-
BG7061YHR	SP	498,38 c	495,88 c	493,67 a	454,92 c	456,92 b	457,34 b	$\bar{y} = 476,18$	-
BM915PRO2	SP	614,21 b	487,96 c	531,29 a	485,04 b	508,96 b	436,75 b	$\bar{y} = 510,70$	0,99
DKB230PRO3	HP	545,00 c	513,67 c	525,63 a	491,33 b	454,75 b	469,38 b	$\bar{y} = 499,96$	-
P1680VYH	HP	607,98 b	571,96 b	474,83 a	505,08 b	497,46 b	443,63 b	$\hat{y} = 734,33 - 2,900x$	0,76
Média Geral	-	590,75	542,95	521,15	501,28	495,83	466,98	-	-
Experimento 3									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	529,58 b	525,71 a	439,50 b	480,00	430,17 b	409,75 a	$\hat{y} = 650,25 - 2,4151x$	0,79
P4285YHR	P	512,67 b	484,17 b	477,17 b	470,00	435,13 b	492,83 a	$\bar{y} = 478,67$	-
BM709PRO2	P	540,00 b	485,38 b	492,67 b	438,38	483,58 a	433,08 a	$\hat{y} = 606,19 - 1,6979x$	0,65
DKB390PRO3	P	563,50 b	543,83 a	442,75 b	469,46	375,83 b	434,50 a	$\bar{y} = 471,65$	-
MG711PW	P	726,88 a	621,13 a	581,13 a	512,33	504,33 a	492,75 a	$\hat{y} = 1.484,08 - 20,5824x + 0,1069x^2$	0,99
2B210PW	SP	558,17 b	527,75 a	516,54 a	489,42	439,42 b	431,67 a	$\hat{y} = 691,96 - 2,6418x$	0,97
BG7061YHR	SP	521,42 b	485,25 b	485,42 b	481,92	441,96 b	426,96 a	$\bar{y} = 473,82$	-
BM915PRO2	SP	483,08 b	455,88 b	448,88 b	387,04	377,50 b	340,42 a	$\hat{y} = 631,96 - 2,8865x$	0,96
DKB230PRO3	HP	505,88 b	520,58 a	471,67 b	485,08	465,58 a	469,79 a	$\bar{y} = 486,43$	-
P1680VYH	HP	589,75 b	546,21 a	528,18 a	551,42	510,00 a	438,42 a	$\hat{y} = 707,91 - 2,4084x$	0,98
Média Geral	-	553,09	519,59	488,39	476,51	446,35	437,02	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

5.1.4 Prolifricidade e Comprimento de Espiga

Não foi observada nenhuma interação entre híbridos x populações de plantas em nenhum dos 3 Experimentos para a PRL. No Experimento 1 foi observado no híbrido BM709PRO2 a maior média, entretanto nos Experimentos 2 e 3, as médias dos híbridos foram todas estatisticamente iguais. No Experimento 1 e 3 o aumento das populações de plantas tiveram o efeito de diminuir as médias, enquanto no Experimento 2 foi obtido ponto de mínimo (Tabela 15).

Para a PRL os resultados obtidos indicam que populações de plantas mais adensadas resultam em maior competição por luz, água e nutrientes. Fato este que dificulta o enchimento dos grãos em mais de uma espiga por planta. Dias et al., (2019) e Calonego et al., (2011) também observaram decréscimos nas médias de PRL com o aumento da população de plantas. Sangoi et al., (2013), observou um aumento de 4,3 % do número de plantas sem espiga para cada 10.000 plantas ha⁻¹ adicionadas ao estande do híbrido AG 303. Os autores explicam que este resultado é decorrente das alterações morfofisiológicas que os híbridos de milho sofrem em condições de maiores populações de plantas, o que acarreta na formação de mais ou menos espigas.

Tabela 15. Médias de Prolificidade (PRL) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1, 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Prolificidade (PRL)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	0,96 b	1,08 a	0,96 a
P4285YHR	P	0,95 b	1,09 a	0,98 a
BM709PRO2	P	1,09 a	1,03 a	0,94 a
DKB390PRO3	P	0,97 b	1,09 a	1,00 a
MG711PW	P	1,00 b	1,04 a	0,99 a
2B210PW	SP	1,01 b	1,04 a	0,94 a
BG7061YHR	SP	0,96 b	1,03 a	0,97 a
BM915PRO2	SP	1,00 b	1,00 a	0,96 a
DKB230PRO3	HP	0,97 b	1,01 a	0,98 a
P1680VYH	HP	0,99 b	1,04 a	0,96 a
Média Geral	-	0,99	1,04	0,97
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 1,23 - 0,0031x$ ($R^2 = 0,97$)	$\hat{y} = 3,20 - 0,0450x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 0,97$)	$\hat{y} = 1,07 - 0,0014x$ ($R^2 = 0,89$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

No Experimento 2, para CE, não houve interação entre híbridos x populações de plantas. O híbrido BM709PRO2 obteve a maior média. O efeito do aumento da população de plantas gerou diminuição das médias de CE nos híbridos estudados (Tabela 16).

Já nos Experimentos 1 e 3 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. O híbrido MG711PW apresentou ponto de mínimo com o uso de maiores populações de plantas e obteve maior média com 50.000 plantas ha⁻¹. No Experimento 1 os híbridos P1680VYH, BM915PRO2, DKB390PRO3, P4285YHR e BG7049YH apresentaram diminuição da média com uso de maiores populações de plantas e obtiveram as maiores médias em 50.000 plantas ha⁻¹. No Experimento 3, os híbridos P4285YHR e MG711PW obtiveram as maiores médias em 50.000 plantas ha⁻¹ e apresentaram ponto de mínimo com o aumento das populações de plantas. Já os híbridos BM915PRO2, DKB390PRO3, BG7049YH, BM709PRO2, 2B210PW, BG7061YHR e DKB230PRO3 apresentaram relação de diminuição da média de CE com o aumento das populações de plantas e obtiveram as maiores médias em 50.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 17).

Fumagalli et al., (2017) em seu experimento em esquema de parcelas subdivididas com 3 espaçamentos e 4 populações, também encontraram uma redução nas médias de CE em função do aumento das populações de plantas. Silva et al., (2014) de maneira semelhante, encontraram diminuição nas médias de CE com o uso de maiores populações de plantas. Sangoi et al., (2016) explicam que esse resultado se deve ao fato de maior competição intraespecífica por água, luz e nutrientes.

Ressaltam Rambo et al., (2011), que os principais fatores ambientais competidos pelas plantas são água e nitrogênio. Nesse contexto Blanco et al., (2009), avaliando laminas de irrigação na produção de milho verde observaram uma redução de CE com uso de menores laminas. Ragagnin et al., (2010) ao avaliar doses de nitrogênio em cobertura, obteve efeito significativo das doses em CE. Assim, na literatura é indicado que a redução de CE em elevadas populações de plantas, se deve principalmente a competição por água e nitrogênio.

Tabela 16. Médias de Comprimento de Espiga (CE, cm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 2 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Comprimento de Espiga (CE, cm)
		Experimento 2
BG7049YH	P	16,17 b
P4285YHR	P	16,61 a
BM709PRO2	P	17,06 a
DKB390PRO3	P	16,74 a
MG711PW	P	15,57 c
2B210PW	SP	15,23 c
BG7061YHR	SP	16,00 b
BM915PRO2	SP	14,51 d
DKB230PRO3	HP	16,96 a
P1680VYH	HP	14,23 d
Média Geral	-	15,91
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 910,64 - 1,7322x$ ($R^2 = 0,98$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 17. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Comprimento de Espiga (CE, cm), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 3 em Minas Gerais.

Comprimento de Espiga (CE, cm)									
Experimento 1									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	16,33 b	14,32 b	13,93 b	13,81 a	13,27 a	12,38 b	$\hat{y} = 18,94 - 0,0658x$	0,87
P4285YHR	P	17,98 a	16,78 a	16,49 a	14,14 a	13,76 a	13,18 b	$\hat{y} = 22,96 - 0,1010x$	0,95
BM709PRO2	P	16,68 a	16,63 a	15,47 a	15,69 a	15,60 a	15,65 a	$\bar{y} = 15,95$	-
DKB390PRO3	P	16,78 a	17,08 a	14,29 b	14,61 a	13,71 a	11,77 b	$\hat{y} = 22,17 - 0,0995x$	0,88
MG711PW	P	17,26 a	15,41 b	13,42 b	14,17 a	14,56 a	13,39 b	$\hat{y} = 31,56 - 0,4073x + 0,0023x^2$	0,78
2B210PW	SP	14,97 b	15,01 b	13,76 b	14,13 a	14,13 a	13,44 b	$\bar{y} = 14,24$	-
BG7061YHR	SP	15,84 b	15,23 b	15,50 a	14,02 a	13,74 a	14,76 a	$\bar{y} = 14,85$	-
BM915PRO2	SP	16,95 a	15,47 b	15,05 a	14,35 a	14,53 a	12,63 b	$\hat{y} = 20,21 - 0,0717x$	0,89
DKB230PRO3	HP	17,41 a	16,68 a	16,68 a	16,51 a	15,40 a	15,83 a	$\bar{y} = 16,42$	-
P1680VYH	HP	15,55 b	14,76 b	13,67 b	14,68 a	13,91 a	12,12 b	$\hat{y} = 18,12 - 0,0534x$	0,71
Média Geral	-	16,58	15,74	14,83	14,61	14,26	13,52	-	-
Experimento 3									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	15,42 b	14,79 b	13,79 b	14,76 a	13,25 c	11,83 b	$\hat{y} = 18,60 - 0,0616x$	0,82
P4285YHR	P	18,00 a	16,88 a	16,25 a	15,05 a	14,21 b	15,25 a	$\hat{y} = 32,20 - 0,3782x + 0,0021x^2$	0,94
BM709PRO2	P	16,50 a	15,58 a	16,50 a	15,22 a	16,00 a	14,13 a	$\hat{y} = 18,35 - 0,0367x$	0,60
DKB390PRO3	P	16,83 a	15,96 a	13,92 b	14,77 a	14,05 b	13,55 a	$\hat{y} = 19,41 - 0,0608x$	0,77
MG711PW	P	16,54 a	14,75 b	14,58 b	12,67 b	12,21 d	12,89 b	$\hat{y} = 30,57 - 0,3796x + 0,0020x^2$	0,92
2B210PW	SP	15,13 b	13,86 b	13,93 b	13,38 b	11,21 d	12,00 b	$\hat{y} = 18,42 - 0,0689x$	0,82
BG7061YHR	SP	15,38 b	14,31 b	14,92 b	15,38 a	13,86 b	13,21 b	$\hat{y} = 17,02 - 0,0335x$	0,51
BM915PRO2	SP	16,67 a	16,54 a	15,00 b	15,29 a	15,67 a	14,91 a	$\hat{y} = 18,06 - 0,0318x$	0,61
DKB230PRO3	HP	14,13 b	13,73 b	13,63 b	13,33 b	11,88 d	11,25 b	$\hat{y} = 117,32 - 0,0578x$	0,88
P1680VYH	HP	14,33 b	14,25 b	14,25 b	13,79 b	13,13 c	12,60 b	$\bar{y} = 13,73$	-
Média Geral	-	15,89	15,06	14,68	14,364	13,55	13,16		

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

6.2 Número de dias para Florescimento Masculino e Feminino e Componentes de Arquitetura de Plantas

Os coeficientes de variação (CV) dos experimentos foram relativamente baixos e variaram de 1,42 % (FM) a 17,89 % (AE) no Experimento 1. No experimento 2 e 3 respectivamente, os CV foram de 1,42 % (AE) a 7,63 % (NNAE), e de 1,12 % (FM) a 10,15% (AP). Coeficientes de variação semelhantes foram encontrados por Dias et al., (2019) para AE (17,99 %) e NNAE (4,76 %). Segundo Fritsche-Neto et al., (2012), com algumas exceções esses valores de CV podem ser classificados como médio e baixo, o que caracteriza boa precisão experimental nos três experimentos.

Houve efeito de híbridos ($P < 0,05$) para todos caracteres avaliados (Tabela 18). Assim, há pelo menos um contraste entre as médias dos híbridos que difere de 0. Em relação à população de plantas, houve efeito ($P < 0,05$) para os caracteres FF, DC, LF e AF, nos 3 Experimentos. Além desses caracteres, houve efeito da população de plantas para FM e CF, no Experimento 1. Para FM, CF; AE, e NNAE, nos Experimentos 2 e 3, respectivamente. Houve efeito da interação entre híbridos e populações de plantas ($P < 0,05$) para DC; FF e CF, nos Experimentos 2 e 3, respectivamente. Isso indica que os híbridos de milho apresentaram respostas relativas diferentes frente às variações na população de plantas.

De maneira semelhante em seu experimento Farinelli et al., (2012) utilizaram como tratamento 3 populações de plantas e 2 híbridos de milho, e obtiveram diferenças significativas para população de plantas em AP e DC, porém não para AE. Em experimento semelhante, Melo et al. (2011) não constataram alterações significativas entre as populações de plantas utilizadas para os caracteres AP e AE. Enquanto, Van Roekel e Coulter (2012) que avaliaram 3 híbridos de milho de diferentes grupos de maturação, em 2 espaçamentos entre linhas de plantio e 6 populações de plantas, verificaram diferença entre os híbridos e população de plantas para índice de área foliar. Já para DC não verificaram diferenças entre os híbridos, populações de plantas e interação entre ambos. Rocha et al., (2011) avaliaram 3 híbridos de milho em 4 populações de plantas e encontraram efeito de população de plantas para FF, AP e AE. Além disso, eles encontraram interações entre híbridos e população de plantas utilizadas para

para	AP	e	AE.
------	----	---	-----

Tabela 18. Resumo da análise de variância para os componentes de arquitetura de planta: florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF), diâmetro de colmo (DC, mm), largura de folha (LF, cm), comprimento de folha (CF, cm), área folia (AF, cm²), número de nós abaixo da espiga (NNAE), número de nós acima da espiga (NNAE), comprimento de entrenós (CEN, cm), altura de plantas (AP, cm) e altura de espiga (AE, cm), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações de plantas, nos Experimentos 1, 2 e 3 em Minas Gerais.

Fonte de Variação	GL	QM									
		FM	FF	DC	LF	CF	AF	NNBE	NNAE	AP	AE
<i>Experimento 1</i>											
Bloco	2	336,71*	290,52*	11,42*	1,06	107,54*	20.065,82*	0,05	0,45*	1.480,24	606,42
Híbrido (H)	9	203,76*	191,13*	8,27*	4,38*	437,00*	62.288,34*	7,33*	1,50*	7.150,12*	3.030,51*
Res (a)	18	5,52	5,46	1,62	0,41	25,46	4.574,00	0,40	0,11	700,33	417,49
CV _% (a)		3,82	3,72	6,34	6,31	6,47	9,72	8,45	5,59	12,73	17,89
Pop de Plan. (P)	5	2,30*	15,83*	52,71*	5,28*	89,02*	51.243,03*	0,13	0,32	58,5	14,04
H x P	45	0,77	2,33	2,24	0,28	8,89	2.216,31	0,28*	0,11	85,41	61,04
Res (b)	100	0,77	2,49	1,83	0,26	15,37	2.908,08	0,16	0,16	91,3	73,38
CV _% (b)		1,42	2,51	6,79	5,09	4,25	7,75	5,35	6,82	4,60	7,50
<i>Experimento 2</i>											
Bloco	2	31,76*	58,47*	14,16*	1,07*	45,75*	11.018,21*	0,05	0,73*	1.602,62*	687,13*
Híbrido (H)	9	243,73*	275,66*	19,06*	8,08*	1.072,80*	155.862,01*	7,79*	1,75*	4.367,13*	4.415,71*
Res (a)	18	4,24	4,63	3,30	0,16	7,46	1.283,08	0,24	0,14	50,26	20,4
CV _% (a)		3	3,12	8,75	3,75	2,77	4,59	6,90	6,35	2,99	3,82
Pop de Plan. (P)	5	7,74*	14,03*	53,45*	4,40*	11,86	32.479,12*	0,30	0,25	27,8	296,01*
H x P	45	1,45	1,72	3,60*	0,26	6,25	1.854,44	0,18	0,18	38,2	28,92
Res (b)	100	1,83	1,99	1,61	0,24	6,62	2.000,72	0,23	0,20	52,83	34,58
CV _% (b)		1,97	2,04	6,1	4,69	2,61	5,73	6,73	7,63	3,07	1,42
<i>Experimento 3</i>											
Bloco	2	2,67	0,41	1,77	0,04	14,36	173,20	4,14*	22,70*	294,43	126,9
Híbrido (H)	9	224,66*	325,64*	16,32*	4,13*	962,51*	123.263,12*	12,83*	0,36*	3.880,01*	7.106,62*
Res (a)	18	2,96	6,27	2,48	0,09	16,81	1.755,48	0,13	0,09	559,4	103,51
CV _% (a)		2,63	3,78	7,55	2,94	4,03	5,45	4,77	4,64	10,15	7,89
Pop de Plan. (P)	5	1,08	3,24*	39,78*	4,04*	4,45	26.020,75*	0,09	0,47*	35,12	154,82*
H x P	45	0,52	1,54*	1,60	0,18	9,92*	1.735,31	0,23	0,11	104,22	54,86
Res (b)	100	0,53	1,02	1,32	0,19	6,09	1.365,23	0,23	0,09	98,37	64,65
CV _% (b)		1,12	1,53	5,5	4,19	2,43	4,81	6,43	4,64	4,25	6,23

“**” Significativo pelo teste F a $P < 0,05$.

6.2.1 Florescimento Masculino e Feminino

Não foi observada nenhuma interação entre híbridos x populações de plantas em nenhum dos 3 experimentos para o FM. No Experimento 1 foi observado no híbrido BG7049YH a maior média, já nos Experimentos 2 e 3 a maior média foi observada no híbrido P4285YHR. O efeito de maiores populações de plantas no Experimento 1 e 2 tiveram a tendência de aumentar a média dos híbridos (Tabela 19).

Para o FF, o híbrido BG7049YH obteve as maiores médias nos Experimentos 1 e 2. Nos mesmos Experimentos observa-se a tendência de aumento na média com uso de maiores populações de plantas (Tabela 20). Apenas no Experimento 3 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Em que o híbrido 2B210PW maximizou sua média em 100.000 plantas ha⁻¹ e apresentou ponto de máximo, o híbrido BM915PRO2 apresentou maior média em 90.000 plantas ha⁻¹ e obteve a tendência de aumentar a média de FF com o incremento das populações de plantas (Tabela 21).

Rocha et al., (2011) encontrou relações lineares positivas para FF. De maneira semelhante, Sangoi et al., (2013) em seu experimento com 2 híbridos e 5 populações encontrou valores crescentes de FM e FF com uso de maiores populações de plantas e concluiu que o incremento da população de plantas aumentou a dessincronização entre antese e espigamento.

Os híbridos menos precoces apresentaram as maiores médias de FM e FF, nos Experimentos 1 e 2. Entretanto no Experimento 3 este padrão não foi observado, resultado obtido possivelmente devido à estiagem ocorrida no começo de 2019. De acordo com Duvick (2005), o déficit hídrico na cultura do milho aumenta, ainda mais, a ocorrência de protandria, o que explica a diferença entre as médias obtidas.

Tabela 19. Médias do número de dias para Florescimento Masculino (FM, dias) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1, 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Florescimento masculino (FM, dias)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	66,50 a	72,83 a	68,17 c
P4285YHR	P	65,11 a	73,67 a	71,89 a
BM709PRO2	P	65,50 a	71,67 b	69,44 b
DKB390PRO3	P	63,50 b	70,89 b	65,67 d
MG711PW	P	63,44 b	70,72 b	65,00 d
2B210PW	SP	59,56 c	66,72 c	64,11 e
BG7061YHR	SP	58,17 c	66,00 c	61,28 f
BM915PRO2	SP	58,50 c	64,22 d	64,28 e
DKB230PRO3	HP	58,17 c	66,17 c	62,17 f
P1680VYH	HP	59,11 c	63,72 d	61,44 f
Média Geral	-	61,77	69,03	65,34
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 60,78 + 0,0130\text{pop}$ ($R^2 = 0,77$)	$\hat{y} = 66,95 + 0,0228\text{pop}$ ($R^2 = 0,70$)	NS

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). “NS” não significativo pelo teste F ($P < 0,05$).

Tabela 20. Médias do número de dias para Florescimento Feminino (FF, dias) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1 e 2 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Florescimento feminino (FF, dias)	
		Experimento 1	Experimento 2
BG7049YH	P	67,94 a	74,33 a
P4285YHR	P	65,39 b	73,56 a
BM709PRO2	P	66,78 a	72,44 b
DKB390PRO3	P	64,00 c	71,17 b
MG711PW	P	63,39 c	71,06 b
2B210PW	SP	60,72 d	67,17 c
BG7061YHR	SP	61,00 d	66,33 c
BM915PRO2	SP	59,33 e	64,89 d
DKB230PRO3	HP	58,11 e	66,00 c
P1680VYH	HP	61,00 d	63,39 d
Média Geral	-	62,77	68,66
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 59,95 + 0,0375\text{pop}$ ($R^2 = 0,93$)	$\hat{y} = 66,70 + 0,0310\text{pop}$ ($R^2 = 0,72$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 21. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para número de dias para Florescimento Feminino (FF, dias) mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 3 em Minas Gerais.

Florescimento Feminino (FF, dias)									
Experimento 3									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	69,67 a	71,00 a	71,00 a	71,33 a	70,00 b	71,00 a	$\hat{y} = 70,67$	-
P4285YHR	P	71,67 a	71,67 a	72,33 a	72,33 a	73,00 a	73,00 a	$\hat{y} = 72,39$	-
BM709PRO2	P	71,00 a	70,67 a	71,00 a	70,00 a	70,67 b	72,33 a	$\hat{y} = 70,94$	-
DKB390PRO3	P	65,67 b	67,33 b	66,33 b	67,33 b	65,67 c	65,67 b	$\hat{y} = 66,33$	-
MG711PW	P	65,00 b	65,00 c	65,00 b	65,00 c	65,33 c	65,33 b	$\hat{y} = 65,11$	-
2B210PW	SP	64,67 b	64,00 c	64,00 b	64,00 c	64,67 c	67,33 b	$\hat{y} = 79,91 - 0,4740\text{pop} - 0,0035\text{pop}^2$	0,93
BG7061YHR	SP	61,00 c	61,00 d	61,00 c	61,33 d	61,33 d	61,00 c	$\hat{y} = 61,11$	-
BM915PRO2	SP	64,00 b	63,33 c	64,67 b	65,67 c	66,67 c	66,33 b	$\hat{y} = 60,25 + 0,0648\text{pop}$	0,83
DKB230PRO3	HP	61,00 c	61,00 d	61,33 c	61,33 d	61,00 d	61,00 c	$\hat{y} = 61,11$	-
P1680VYH	HP	61,00 c	61,00 d	61,00 c	61,00 d	61,00 d	61,00 c	$\hat{y} = 61,00$	-
Média Geral	-	65,47	65,60	65,77	65,93	65,93	66,40	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

6.2.2 Diâmetro de Colmo

Nos Experimentos 1 e 3 não foi observada a interação híbridos x população de plantas para DC. Os híbridos MG711PW e BM709PRO2 obtiveram as maiores médias nos Experimentos 1 e 3, respectivamente. No Experimento 1 não foi ajustado uma equação com sentido biológico que descrevesse a relação dos efeitos populacionais nos híbridos estudados. Entretanto no Experimento 3 observa-se a tendência de diminuição na média com uso de maiores populações de plantas (Tabela 22). No Experimento 2 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Em que o híbrido BG7049YH apresentou ponto de máximo em 70.000 plantas ha⁻¹, o híbrido DKB230PRO3 obteve a maior média em 50.000 plantas ha⁻¹ e apresentou ponto de mínimo. Os híbridos P1680VYH, P4285YHR, DKB390PRO3, MG711PW e BM915PRO2 apresentaram as maiores médias em 50.000 plantas ha⁻¹ e diminuíram as médias de DC à medida que se aumentou o adensamento da população de plantas (Tabela 23).

Silva et al., (2014) ao avaliar o efeito de 3 populações de plantas, 2 espaçamentos em 2 híbridos de milho em esquema fatorial, encontrou diminuição das médias de DC com uso de maiores populações de plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Dias et al., (2019), Farinelli et al., (2012) e Calonego et al., (2011) que também observaram menores médias de DC sob influência de maiores populações de plantas.

Entretanto os resultados obtidos podem explicados por Lashkari et al., (2011) que afirmam que a competição intraespecífica por luz e nutrientes pode causar diminuição do DC. Silva et al., (2014), explica que a massa total da planta de milho é resultado principalmente da competição de fatores ambientais, e a mesma é influenciada diretamente pela população de plantas. Essa competição por fatores ambientais gera plantas mais finas, frágeis e pode resultar no acamamento e/ou quebraimento de plantas com inevitável prejuízo para o produtor rural.

A susceptibilidade ao acamamento e quebraimento de plantas de milho é de extrema importância para o cultivo do milho. Haja vista que as plantas de milho podem proporcionar armazenamento dos grãos a campo, pelo motivo da proteção das espigas pela palhada. Plantas de porte mais baixo e colmo mais grosso são capazes de suportar maiores velocidades de vento após a senescência e/ou a maturação fisiológica dos grãos, de modo a permitir o produtor rural maior flexibilidade no planejamento da colheita (Foloni et al., 2008). De acordo com Brachtvogel et al.,

(2009), o acamamento é relacionado com menores DC, maiores AP e AE, e aumento da relação AE/AP, respostas comumente observadas em experimentos de populações de plantas em híbridos de milho.

Tabela 22. Médias Diâmetro de Colmo (DC, mm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1 e 2 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Diâmetro de colmo (DC, mm)	
		Experimento 1	Experimento 3
BG7049YH	P	20,12 a	20,70 c
P4285YHR	P	19,82 a	21,46 b
BM709PRO2	P	21,21 a	22,70 a
DKB390PRO3	P	19,89 a	20,15 c
MG711PW	P	20,53 a	21,17 b
2B210PW	SP	18,67 a	20,09 c
BG7061YHR	SP	20,24 a	21,74 b
BM915PRO2	SP	19,57 a	19,49 c
DKB230PRO3	HP	19,72 a	20,97 b
P1680VYH	HP	19,45 a	20,13 c
Média Geral	-	19,92	20,86
Eq. Reg.	-	Não Ajustado	$\hat{y} = 25,42 - 0,0608pop$ ($R^2 = 0,97$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 23. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Diâmetro de Colmo (DC, mm), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 2 em Minas Gerais.

		Diâmetro de colmo (DC, mm)							
		Experimento 2							
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	22,60 a	22,54 a	22,67 a	22,31 a	19,48 c	18,05 a	$\hat{y} = 10,41 + 0,4080\text{pop} - 0,0033\text{pop}^2$	0,95
P4285YHR	P	21,63 b	20,92 b	20,99 a	19,12 b	20,35 c	18,06 a	$\hat{y} = 24,76 - 0,0612\text{pop}$	0,73
BM709PRO2	P	23,64 a	24,00 a	21,47 a	19,82 b	24,07 a	19,06 a	$\bar{y} = 22,01$	-
DKB390PRO3	P	23,45 a	22,44 a	22,22 a	21,04 a	21,80 b	20,13 a	$\hat{y} = 26,07 - 0,0564\text{pop}$	0,83
MG711PW	P	23,74 a	22,95 a	21,35 a	21,70 a	21,35 b	20,19 a	$\hat{y} = 26,64 - 0,0634\text{pop}$	0,87
2B210PW	SP	19,33 b	22,77 a	20,17 a	18,93 b	19,97 c	18,11 a	$\bar{y} = 19,88$	-
BG7061YHR	SP	23,49 a	20,03 b	21,69 a	22,27 a	20,39 c	18,82 a	$\bar{y} = 20,77$	-
BM915PRO2	SP	21,29 b	20,09 b	18,81 a	17,77 b	18,13 d	17,13 a	$\hat{y} = 24,81 - 0,0792\text{pop}$	0,90
DKB230PRO3	HP	24,17 a	22,05 a	20,51 a	19,97 b	17,13 d	19,20 a	$\hat{y} = 44,11 - 0,5368\text{pop} + 0,0028\text{pop}^2$	0,89
P1680VYH	HP	21,87 b	20,68 b	20,68 a	19,04 b	19,52 c	19,03 a	$\hat{y} = 24,28 - 0,0552\text{pop}$	0,83
Média Geral	-	22,52	21,85	21,06	20,20	20,22	18,78	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

6.2.3 Largura de Folha, Comprimento de Folha e Área foliar

Não foi observada nenhuma interação entre híbridos x populações de plantas em nenhum dos 3 experimentos para a LF. No Experimento 1 e 2 foi observado no híbrido DKB390PRO3 as maiores médias, já no Experimento 3 a maior média foi observada no híbrido P4285YHR. O efeito de maiores populações de plantas no Experimento 2 tiveram a tendência de diminuir a média dos híbridos, enquanto para os experimentos 1 e 3 apresentaram ponto de mínimo (Tabela 24).

Para o CF, o híbrido P4285YHR obteve as maiores médias nos Experimentos 1 e 2. No Experimento 1 as médias de CF diminuíram com o aumento das populações de plantas. Porém no Experimento 2 não foi encontrada nenhuma relação significativa (Tabela 25). No Experimento 3 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Em que o híbrido BM709PRO2 apresentou a maior média de CF em 50.000 plantas ha⁻¹ e a média de CF foi diminuída com uso de maiores populações de plantas (Tabela 26).

Para a AF não foi obtida interação entre híbridos x populações de plantas em nenhum dos 3 experimentos. Nos 3 Experimentos foram observados no híbrido P4285YHR as maiores médias, porém no experimento 1 e 3 foi obtida uma relação com ponto de mínimo e no experimento 2 uma relação de diminuição com o aumento das populações de plantas. (Tabela 27).

Dias et al., (2019) e Sangoi et al., (2013) encontraram decréscimo nas médias de AF com uso de maiores populações de plantas. Para Lashkari et al., (2011) a quantidade de fotoassimilados é dividida para diferentes estruturas da planta à medida que se aumenta a população de plantas. Porém, mesmo que a AF por planta seja reduzida, a AF por hectare aumenta devido ao maior número de plantas na área, o que implica em maiores taxas de interceptação da radiação solar.

De acordo com Van Roekel e Coulter (2012) há uma resposta linear positiva do índice de área foliar e uma resposta quadrática que representa a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa em relação às populações de plantas utilizadas. Para AF nos 3 experimentos foi observado maiores médias entre os híbridos menos precoces de modo geral. Resultado que corrobora com Capristo et al., (2007), que afirma que quanto mais precoce é um

material, menor é o seu número de folhas expandidas na antese, mais reduzida é a estatura final da planta e menor a sua AF.

Tabela 24. Médias de Largura de Folha (LF, cm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1, 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Largura foliar (LF, cm)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	9,83 c	10,34 c	9,74 d
P4285YHR	P	10,26 b	10,82 b	10,87 a
BM709PRO2	P	9,77 c	10,69 b	10,41 c
DKB390PRO3	P	10,99 a	11,85 a	10,61 b
MG711PW	P	10,46 b	10,83 b	10,30 c
2B210PW	SP	9,78 c	10,37 c	9,68 d
BG7061YHR	SP	9,42 c	9,74 d	9,46 e
BM915PRO2	SP	10,47 b	10,80 b	10,24 c
DKB230PRO3	HP	9,76 c	10,33 c	9,68 d
P1680VYH	HP	9,55 c	9,38 e	9,68 d
Média Geral	-	10,03	10,52	10,07
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 14,38 - 0,9930\text{pop} + 0,0005\text{pop}^2$ ($R^2 = 0,99$)	$\hat{y} = 12,03 - 0,0202\text{pop}$ ($R^2 = 0,98$)	$\hat{y} = 13,42 - 0,0733\text{pop} + 0,0004\text{pop}^2$ ($R^2 = 0,99$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 25. Médias de Comprimento de Folha (CF, cm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1 e 2 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Comprimento de folha (CF, cm)	
		Experimento 1	Experimento 2
BG7049YH	P	93,51 b	105,59 b
P4285YHR	P	101,49 a	114,36 a
BM709PRO2	P	99,31 a	105,78 b
DKB390PRO3	P	93,48 b	99,78 c
MG711PW	P	92,60 b	99,24 c
2B210PW	SP	88,99 c	92,47 d
BG7061YHR	SP	87,37 c	92,79 d
BM915PRO2	SP	91,15 b	94,03 d
DKB230PRO3	HP	88,74 c	92,51 d
P1680VYH	HP	86,59 c	91,08 d
Média Geral	-	92,32	98,76
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 98,63 - 0,0841\text{pop}$ ($R^2 = 0,83$)	NS

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 26. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Comprimento de Folha (CF, cm), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 3 em Minas Gerais.

Comprimento de Folha (CF, cm)									
Experimento 3									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	111,88 a	108,42 a	113,42 a	112,00 a	116,00 a	111,67 a	$\bar{y} = 101,67$	-
P4285YHR	P	113,17 a	110,08 a	111,67 a	113,67 a	109,83 b	113,13 a	$\bar{y} = 111,92$	-
BM709PRO2	P	109,50 a	107,75 a	106,92 b	105,58 b	105,92 b	102,33 b	$\hat{y} = 115,48 - 0,1219\text{pop}$	0,89
DKB390PRO3	P	108,38 a	104,92 a	105,67 b	106,33 b	107,42 b	105,33 b	$\bar{y} = 106,34$	-
MG711PW	P	101,17 b	101,33 b	102,04 b	104,50 b	100,92 c	104,08 b	$\bar{y} = 102,34$	-
2B210PW	SP	98,67 b	101,00 b	102,75 b	98,29 c	100,17 c	99,25 c	$\bar{y} = 100,02$	-
BG7061YHR	SP	94,58 c	94,54 c	93,13 c	95,58 c	94,42 d	95,42 c	$\bar{y} = 94,61$	-
BM915PRO2	SP	94,58 c	97,75 b	96,13 c	95,42 c	93,33 d	93,00 c	$\bar{y} = 95,03$	-
DKB230PRO3	HP	93,58 c	97,08 b	95,88 c	95,42 c	94,08 d	95,42 c	$\bar{y} = 95,24$	-
P1680VYH	HP	94,17 c	91,38 c	91,83 c	94,33 c	89,58 d	94,25 c	$\bar{y} = 92,59$	-
Média Geral	-	101,97	101,43	101,94	102,11	101,17	101,39	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 27. Médias de Área Foliar (AF, cm²) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1, 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Área foliar (AF, cm ²)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	691,29 b	819,22 d	819,89 b
P4285YHR	P	782,90 a	928,35 a	912,46 a
BM709PRO2	P	728,35 b	848,25 c	830,78 b
DKB390PRO3	P	770,78 a	886,88 b	846,41b
MG711PW	P	727,36 b	806,80 d	790,09 c
2B210PW	SP	653,43 c	718,94 f	726,22 d
BG7061YHR	SP	618,88 c	678,79 g	671,23 e
BM915PRO2	SP	715,85 b	762,11 e	730,96 d
DKB230PRO3	HP	649,73 c	716,92 f	691,35 e
P1680VYH	HP	620,81 c	641,01 h	672,35 e
Média Geral	-	695,94	780,73	769,17
Eq. Reg.	-	$\hat{y} = 1.103,27 - 9,1317\text{pop} + 0,0469\text{pop}^2$ (R ² = 0,99)	$\hat{y} = 910,64 - 1,7322\text{pop}$ (R ² = 0,97)	$\hat{y} = 1.018,83 - 5,3457\text{pop} + 0,0256\text{pop}^2$ (R ² = 0,98)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

6.2.4 Número de Nós Abaixo da Espiga, Número de Nós Acima da Espiga, Altura de Planta e Altura de Espiga

Não foi detectada interação entre híbridos x população de plantas para o NNBE nos Experimentos 2 e 3. O híbrido BM709PRO2 obteve as maiores médias em ambos os Experimentos (Tabela 28). No Experimento 1 foi observada a interação híbridos x populações de plantas. Em que foi observado no híbrido BM709PRO2 a maior média em 100.000 plantas ha⁻¹, entretanto não foi encontrada nenhuma relação entre os híbridos e a população de plantas utilizada (Tabela 29).

Não foi observada nenhuma interação entre híbridos x populações de plantas em nenhum dos 3 experimentos para o NNAE. No Experimento 1 foi observado no híbrido BG7049YH a maior média, já nos Experimentos 2 e 3 a maior média foi observada no híbrido P4285YHR. O efeito de maiores populações de plantas no Experimento 3 teve a tendência de aumentar a média de NNAE (Tabela 30). Dias et al., (2019) de maneira semelhante a este trabalho encontrou diferentes valores de NNAE e NNBE entre os híbridos estudados. Entretanto não encontrou relação entre a população de plantas utilizada e as médias de ambos caracteres.

Tabela 28. Médias de Número de Nós Abaixo da Espiga (NNBE) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Número de nós abaixo da espiga (NNBE)	
		Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	7,78 a	7,88 c
P4285YHR	P	7,76 a	8,31 b
BM709PRO2	P	7,99 a	8,90 a
DKB390PRO3	P	7,32 b	7,50 d
MG711PW	P	7,35 b	8,14 b
2B210PW	SP	6,29 d	6,54 g
BG7061YHR	SP	6,57 c	6,72 f
BM915PRO2	SP	6,67 c	7,00 e
DKB230PRO3	HP	6,92 c	7,89 c
P1680VYH	HP	6,13 d	6,35 g
Média Geral	-	7,08	7,52
Eq. Reg.	-	NS	NS

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 29. Desdobramento da interação híbridos x populações de plantas para Número de Nós Abaixo da Espiga (NNBE), mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, no Experimento 1 em Minas Gerais.

Número de Nós Abaixo da Espiga (NNBE)									
Experimento 1									
Híbrido	Ciclo	População de plantas (plantas ha ⁻¹)						Eq. Reg.	R ²
		50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000		
BG7049YH	P	8,08 a	8,17 a	8,25 a	7,58 b	8,25 a	7,58 b	$\bar{y} = 7,99$	-
P4285YHR	P	7,83 b	8,58 a	7,75 b	8,33 a	8,58 a	7,75 b	$\bar{y} = 8,13$	-
BM709PRO2	P	8,67 a	8,33 a	8,67 a	8,67 a	7,92 a	9,17 a	$\bar{y} = 8,57$	-
DKB390PRO3	P	7,42 b	8,00 a	7,92 b	8,00 b	7,67 a	7,67 b	$\bar{y} = 7,78$	-
MG711PW	P	7,75 b	7,25 b	7,50 b	7,50 b	7,83 a	7,58 b	$\bar{y} = 7,57$	-
2B210PW	SP	6,67 c	7,25 b	7,17 c	6,42 c	7,08 b	6,83 c	$\bar{y} = 6,90$	-
BG7061YHR	SP	6,67 c	7,17 b	6,25 d	6,75 c	7,00 b	6,58 c	$\bar{y} = 6,73$	-
BM915PRO2	SP	7,50 b	7,17 b	7,00 c	7,17 c	7,00 b	7,08 c	$\bar{y} = 7,15$	-
DKB230PRO3	HP	7,42 b	7,5 b	7,33 c	7,67 b	7,33 b	6,92 c	$\bar{y} = 7,36$	-
P1680VYH	HP	6,83 c	6,58 b	6,42 d	6,67 c	6,42 b	7,00 c	$\bar{y} = 6,65$	-
Média Geral	-	7,48	7,60	7,43	7,48	7,51	7,42	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 30. Médias de Número de Nós Acima da Espiga (NNAE) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 1, 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Número de nós acima da espiga (NNAE)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	6,11 a	6,13 b	6,79 a
P4285YHR	P	6,03 a	6,18 b	6,63 a
BM709PRO2	P	6,07 a	6,42 a	6,49 b
DKB390PRO3	P	5,72 b	5,90 c	6,33 b
MG711PW	P	6,28 a	6,07 b	6,42 b
2B210PW	SP	5,43 c	5,57 d	6,43 b
BG7061YHR	SP	5,58 c	5,71 c	6,46 b
BM915PRO2	SP	5,83 b	5,64 d	6,50 b
DKB230PRO3	HP	5,49 c	5,42 d	6,47 b
P1680VYH	HP	5,67 b	5,85 c	6,71 a
Média Geral	-	5,82	5,89	6,52
Eq. Reg.	-	NS	NS	$\hat{y} = 6,95 - 0,0058\text{pop}$ ($R^2 = 0,74$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Não foi observada nenhuma interação entre híbridos x populações de plantas em nenhum dos 3 experimentos para AP e AE. No Experimento 1, 2 e 3, para ambos caracteres, o híbrido BM709PRO2 obteve as maiores médias. Já o efeito de maiores populações de plantas foi significativo somente para AE no Experimento 3, com o efeito de aumento de médias. Além disso, pode-se observar maiores médias de AP e AE em híbridos menos precoces (Tabela 31 e 32). Kappes et al., (2011a) em seu experimento fatorial, envolvendo 5 populações de plantas, 2 espaçamentos e 5 híbridos, encontraram valores de AP e AE mais baixos nos híbridos de maior precocidade.

De acordo com Klein et al., (2018) quanto maior o ciclo de um híbrido de milho há mais tempo para acúmulo de fotoassimilados, o que implica em maior crescimento celular. Assim como este trabalho, Neumann et al., (2018) em experimento com população de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas ha^{-1} , também observaram que diferentes populações de plantas não alteraram as médias de AP e AE. Entretanto, Silva et al., (2014), Brachtvogel et al., (2012) e Rocha et al., (2011), diferentemente deste experimento, ao submeterem híbridos de milho à diferentes populações de plantas encontraram valores crescentes de AE. Fantin et al., (2016) verificaram que menores populações de plantas de plantas diminuem a AP e AE pois aumentam o número de perfilhos, devido à maior entrada de luz no dossel. Taiz e Zeiger (2017) complementam que em

populações de plantas mais elevadas, há maior expressão da dominância apical, com consequência de uma aceleração de crescimento a fim de diminuir as taxas de sombreamento.

Tabela 31. Médias de Altura de Plantas (AP, cm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Altura de Planta (AP, cm)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	205,63 b	250,14 a	235,82 a
P4285YHR	P	226,03 a	249,18 a	220,58 b
BM709PRO2	P	232,14 a	249,94 a	255,31 a
DKB390PRO3	P	221,78 a	244,83 b	240,33 a
MG711PW	P	220,60 a	240,47 c	250,58 a
2B210PW	SP	182,99 c	217,35 e	214,06 b
BG7061YHR	SP	168,07 c	203,33 f	212,99 b
BM915PRO2	SP	209,81 b	236,69 c	225,36 b
DKB230PRO3	HP	199,44 b	231,25 d	233,18 a
P1680VYH	HP	212,10 b	245,31 b	242,99 a
Média Geral	-	207,86	236,85	233,12
Eq. Reg.	-	NS	NS	NS

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 32. Médias de Altura de Espiga (AE, cm) e influência da população de plantas, mensurados em 10 híbridos de milho avaliados em 6 populações plantas, nos Experimentos 2 e 3 em Minas Gerais.

Híbrido	Ciclo	Altura de espiga (AE, cm)		
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
BG7049YH	P	112,31 c	141,90 b	137,00 c
P4285YHR	P	118,82 b	137,22 c	132,61 c
BM709PRO2	P	137,82 a	151,25 a	165,75 a
DKB390PRO3	P	129,63 a	150,83 a	144,14 b
MG711PW	P	118,64 b	137,33 c	149,65 b
2B210PW	SP	103,33 c	114,32 e	111,99 d
BG7061YHR	SP	94,64 c	110,22 f	108,06 d
BM915PRO2	SP	107,67 c	120,08 d	117,00 d
DKB230PRO3	HP	116,35 b	118,97 d	114,68 d
P1680VYH	HP	102,95 c	115,26 e	109,18 d
Média Geral	-	114,22	129,74	129,01
Eq. Reg.	-	NS	Não Ajustado	$\hat{y} = 121,37 \mp 0,0351\text{pop}$ ($R^2 = 0,70$)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

7. CONCLUSÕES

O aumento da população de plantas pode aumentar as médias FF e FM, o que contribuiu para menor sincronia entre a antese e o espigamento.

Os componentes de produção foram reduzidos com o aumento da população de plantas.

As características como precocidade, arquitetura moderna de dossel, estatura e disposição das folhas ao longo da planta, relativas aos híbridos estudados, não foram suficientes para gerar incrementos consistentes de PG frente às maiores de populações de plantas nos diferentes locais dos Experimentos e condições climáticas.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L. de; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. 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.
- ALVES, J. O.; ZHUO, C.; LEVENDIS, Y. A.; TENÓRIO, J. A. S. Síntese de nano materiais de carbono a partir de resíduos de milho (DDGS). **Química Nova**, v. 35, p. 1534–1537, 2012.
- ANTONIETTA, M.; FANELLO, D. D.; ACCIARESI, H. A.; GUIAMET, J. J. Senescence and yield responses to plant density in stay green and earlier senescing maize hybrids from Argentina. **Field Crops Research**, v. 155, n. 2, p. 111–119, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.016>> Acesso em: mai. 2019.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; BORTOLINI, C.G. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 71–78, 2001.
- ARGENTA, G.S.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1075–1084, 2001.
- BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRUGER, C. A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 855–864, 2009.
- BLANCO, F. F.; VELOSO, M. E. C.; CARDOSO, M. J. Crescimento e produção do milho verde sob lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 1640-1645, 2009.
- BOIAGO, R. G. F. S. R.; MATEUS, R. P. G.; SCHUELTER, A. R.; BARRETO, R. R.; SILVA, G. J.; SCHUSTER, I. Combinação de Espaçamentos Entrelinhas e Densidade Populacional no Aumento da Produtividade em Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 440, 2017.
- BOOMSMA, C. R.; SANTINI, J. B.; TOLLENAAR, M.; VYN, T. J. Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: an analysis and review. **Agronomy Journal**, v. 101, p.1426-1452, 2009.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. **Editora UFV**, n. 6, 543p., 2017.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L.; BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas e a competição intraespecífica em milho. *Plant population*,

- uniform plant spacing and intraspecific competition in maize. **Revista Trópica**, v. 6, n. 1, p. 75–83, 2012.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2334- 2339, 2009.
- BRASIL. INMET. (Org.). **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTUxMA==>. Acesso em: jun. 2019.
- BREKKE, B.; EDWARDS, J.; KNAPP, A. Selection and adaptation to high plant density in the Iowa stiff stalk synthetic maize (*Zea mays L.*) population: II. **Crop Science**, v. 51, n. 6, p. 2344–2351, 2011.
- CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, v. 4, p. 84-90, 2011.
- CAPRISTO, P.; RIZZALLI, R.; ANDRADE, F. Ecophysiological yield of maize hybrids with contrasting maturity. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 4, p. 1111–1118, 2007.
- CERRUDO, D.; PAGE, E. R.; TOLLENAAR, M.; SEWART, G.; SWANTON, C. J. Mechanisms of yield loss in maize caused by weed competition. **Weed Science**, v. 60, n. 2, p. 225–232, 2012.
- CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Monitoramento Agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos, V. 7 - SAFRA 2019/20 - N. 3 - Terceiro levantamento, DEZEMBRO, 2019. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: dez. 2019.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Produção de milho na agricultura familiar. **Embrapa Milho e Sorgo**, p. 45, 2011.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E.; SIMÃO, E. de P. Quatrocentos e setenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2015/16. **Embrapa Milho e Sorgo**, 28p., 2015. (Série Documentos 184)
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PIMENTEL, M. A. G.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; CRUZ, I.; GARCIA, J. C.; MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, M. F. de; GONTIJO NETO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; VIANA, P. A.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V. da; ALVARENGA, R. C.; MATRANGOLO, W. J. R. Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade: Safras 2008 e 2009. **Embrapa Milho e Sorgo**, Circular Técnica n. 160, p. 10, 2011.
- DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades

- populacionais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691–1697, 2008.
- DIAS, F. S.; REZENDE, W. M.; ZUFFO, L. T.. Agronomic responses of maize hybrids to row spacing and plant population in the summer and winter seasons in Brazil. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 6, p. 1–11, 2019.
- DUARTE, A.P.; KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agronômicas**, n. 152, 2015.
- DUARTE, J. O. Economia da produção. CRUZ; J. C. (Ed.). Cultivo do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 6, 2010.
- DUVICK, D. N. The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays L.*). **Advances in Agronomy**, v. 86, n. 1, p. 83–145, 2005.
- FANTIN, N. A. M.; MEERT, L.; HANEL, A.; ALENCAR, J. R. C.; PETEAN, L. P. Componentes de produção e qualidade de sementeira de soja em função de diferentes velocidades do conjunto trator-semeadora. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.9, n.3, p.7-15, 2016.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FILHO, F. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Cientifica**, v. 40, n. 1, p. 21–27, 2012.
- FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. ExpDes. pt: **Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. R package version 1.2.0, 2018.
- FLESCHE, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 25–31, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781997000400004>>. Acesso em: mai. 2019.
- FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H.; BRIANCINI, R. Competição de cultivares de milho em espaçamento reduzido no ambiente safrinha do oeste paulista. **Colloquium Agrariae**, v. 4, n. 2, p. 01–08, 2008.
- FREITAS, G. S. Tecnologia no setor agrícola brasileiro: um olhar sob a ótica da teoria evolucionária. **Revista eletrônica de Administração e Turismo**, v. 2, n. 1, p. 140–154, 2013.
- FRITSCHÉ-NETO, R.; VIERA, R.A.; SCAPIM, C.A.; MIRANDA, G.V.; REZENDE, L.M. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 34, n. 1, p. 99–101, 2012.
- FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA, H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e**

- Sorgo**, v.16, n.3, p. 426-439, 2017.
- GABRIEL, A. Características agronômicas e bromatológicas da forragem de topcrosses de linhagens S3 de milho em diferentes espaçamentos. **Universidade Estadual do Centro-Oeste**. 85p., 2015.
- GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. Milho do plantio à colheita. **Editora UFV**, n. 2, 357p., 2017.
- GRALAK, E.; FARIA, M. V.; POSSATO JÚNIOR, O.; ROSSI, E. S.; SILVA, C. A.; RIZZARD, D. A.; MENDES, M. C.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agronômicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.
- GRASSINI, P.; THORBURN, J.; BURR, C.; CASSMAN; KENNETH, G.. High-yield irrigated maize in the Western U.S. Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. **Field Crops Research**, v. 120, n. 1, p. 142–150, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.09.012>>. Acesso em: jun. 2019.
- GRUÈRE, G.; BOUET, A.; MEVEL, S. Genetically modified food and international trade. **International Food Policy Research Institute**, p. 60 , 2007.
- GUIMARÃES, D. P.; SANS, L.M.A; SANTANA, D.P. Classificação de cultivares de milho em função do ciclo até o florescimento. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, n. 25, p. 1, 2004.
- HAMMER, G.L.; DONG, Z.; MCLEAN, G.; DOHERTY, A.; MESSINA, C.; SCHUSSLER, J.; ZINSELMEIER, C.; PASZKIEWICZ, S.; COOPER, M. Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn Belt. **Crop Science**, v. 49, n. 1, p. 299–312, 2009.
- HERNÁNDEZ, F.; AMELONG, A.; BORRÁS, L. Genotypic differences among argentinean maize hybrids in yield response to stand density. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 6, p. 2316–2324, 2014.
- HUANG, X.; QIAN, Q; LIU, Z.; SUN, H.; HE, S.; LUO, D.; XIA, G.; CHU, C.; LI, J. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice.. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice. **Nature Genetics**, v. 41, n. 4, p. 494–497, 2009.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 334–343, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n2/12.pdf>>. Acesso em: jun. 2019.

- KAPPES, C; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, Â. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 348-359, 2011a.
- KLEIN, J. L.; VIANA, A. F. P.; MARTINI, P. M.; ADAMS, S. M.; GUZATTO, C.; BONA, R. A.; RODRIGUES, L. S.; FILHO, D. C. A.; BRONDANI, I. L. Desempenho produtivo de híbridos de milho para produção de silagem da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 101–110, 2018.
- KVITSCHAL, M. V.; MANTINE, E.; VIDIGAL FILHO; SOARES, P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; SCAPIM, C. A. Plant arrangement and grain yield of two simple maize hybrids. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 122–131, 2010.
- LASHKARI, M., H.; MADANI, M.R.A.F.; GOLZARDI; ZARGARI, K. Effect of plant density on yield and yield components of diferente corn (*Zea mays L.*) hybrids. **American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 10, p. 450–457, 2011.
- MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; XIMENES, P.A. Intercepção da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 170–181, 2006.
- MELO, F. de B.; CORÁ, J. E.; CARDOSO, M. J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 42, n. 1, p. 27–31, 2011.
- MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Agrônômica**, v. 41, p. 435-441, 2010.
- MONNEVEUX, P.; ZAIDI, P. H.; SANCHEZ, C. Population density and low nitrogen affects yield-associated traits in tropical maize. **Crop Science**, v. 45, n. 2, p. 535–545, 2005.
- MORAES, D.F. E BRITO, C.H. Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento. **Universidade Federal de Uberlândia**, 16 p., 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>>. Acesso em: jun. 2019.
- MORALES-RUIZ, A.; LOEZA-CORTE, J. M.; DÍAZ-LÓPEZ, E.; MORALES-ROSALES, E. J.; FRANCO-MORA, O.; MARIEZCURRENA-BERASAÍN, M. D.; ESTRADA-CAMPUZANO, G. Efficiency on the use of radiation and corn yield under three densities of sowing. **International Journal of Agronomy**, v. 2016, n. 1, p. 5, 2016.
- NEUMANN, M.; FIGUEIRA, D. N.; BUMBIERIS JÚNIOR, V. H.; UENO, R. K.; LEO, G. F. M. Ensilagem: estratégias visando maior produção de leite. In: Anais. **I Simpósio Brasileiro de Ruminantes Leiteiros**, p. 130-166, 2014.

- NEUMANN, M.; POCZYNEK, M.; LEÃO, G. F. M.; FIGUEIRA, D. N.; SOUZA, A. M. Desempenho de híbridos de milho para silage cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 49-62, 2018.
- OSTEEN, C. Agricultural resources and environmental indicators: pest management practices (AH722). **Economic Research Service. United States Department of Agriculture**, 2000. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/arei/ah722/arei4_3/DBGen.html> Acesso em: mai. 2019.
- OZELAME, O; ANDREATTA, T. Avaliação do desenvolvimento técnico e econômico: um estudo comparativo entre o milho híbrido e o milho Bt. **Custos e Agronegócio online**, v. 9, n. 2, p. 210–232 , 2013.
- PEREIRA FILHO, I. A. P. Sistemas de Produção/Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br> . Acesso em: jun. 2019.
- PEREIRA FILHO, I. A., CRUZ, J. C., SILVA, A. R., COSTA, R. V., CRUZ, I. Milho Verde. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2011.
- PEREIRA, V. R. F.; CHIODEROLI, C. A.; ALBIERO, D.; SILVA, A. O. da; NASCIMENTO, E. M. S.; SANTOS, P. R. A. Desempenho agrônomico da cultura do milho sob diferentes arranjos espaciais no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n. 5, p. 2976 – 2983, 2018.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: **Fealq**. [S.l: s.n.], 451p., 2009.
- RAGAGNIN, V. A.; JÚNIOR, D. G. de S.; KLEIN, V.; LIMA, R. S.; COSTA, M. M.; OLIVEIRA NETO, O. V. de O. Adubação nitrogenada em milho safrinha sob plantio direto em Jataí-GO. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 70-77, 2010.
- RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A.; VIEIRA, V. M. Índices nutricionais de N e produtividade de milho em diferentes níveis de manejo e de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 390-397, 2011.
- ROCHA, D. R. da; FILHO, D. F.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 392–397, 2011.
- ROCHA, L. J. F. N. da; NÓIA JÚNIOR, R. de S.; DALVI, L. P.; GUILHEN, J. H. S.; MARÇAL, T. de S. Produção de espigas, silagem e grãos de milho em função da densidade de semeadura. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 1054, 2016.

- SANGOI, L. Aptidão dos Campos de Lages (SC) para produção de milho em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 51–63, 1993.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. 2, p. 1, 2016.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JÚNIOR, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; MACHADO, G.C. HORN, D. Variabilidade na Distribuição Espacial de Plantas na Linha e Rendimento de Grãos de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 268–277, 2012.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, p. 263-271, 2007.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho. **Graphel**, 65p., 2010.
- SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHIMITT, A.; VIEIRA, J. Senescencia 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. 21-23, 2013.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Híbridos contemporâneos são mais exigentes em população de plantas para maximizarem o rendimento de grãos. **Congresso Nacional de milho e Sorgo**, n. 24, 2002.
- SARLANGUE, T.; ANDRADE, F. H.; CALVIÑO, P. A.; PURCELL, L.C. Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density? **Agronomy Journal**, v. 99, n. 4, p. 984–991, 2007.
- SILVA, A. F. da; SCHONINGER, E. L.; CAIONE, G.; KUFFEL, C.; CARVALHO, M. A. C. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 162-173, 2014.
- SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho. **Evangraf**, p. 63, 2006.
- STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.A. da; ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciencia Rural**, v. 37, n. 3, p. 634–642, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E., MOLLER, I.M.; MURPHY, A. Fisiologia vegetal e desenvolvimento vegetal. **ArtMed**, 6.ed, 888p., 2017.

- TESTA, G; REYNERI, A; BLANDINO, M. Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. **European Journal of Agronomy**, v. 72, n. 1, p. 28–37, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.006>>. Acesso em: jun. 2019
- TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A. Radiation Use Efficiency of an Old and a New Maize Hybrid. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 3, p. 536–541, 1992.
- TOLLENAAR, M.; DWYER, L. M. Physiology of maize. Crop yield: physiology and processes. **Springer**, v.1, p. 169-204, 2012.
- TONIN, J. M.; BRAGA, M. J.; COELHO, A. B. Efetividade de hedge do milho com contratos futuros da BM&F: uma aplicação para a região de Maringá, PR. **Revista de Economia**, v. 35, n. 3, p. 115-140, 2009.
- USDA. **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE**. Foreign Agricultural Service – PSD online. 2019. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: set. 2019.
- USDA-NATIONAL. **AGRICULTURAL STATISTICAL SERVICE (USDA-NASS)**. State Level Data for Field Crops: Grains. Corn: area, yield, production, price per unit, and value of production. , 2004. Disponível em: <<http://www.nass.usda.gov:81/ipedb/grains.html>> Acesso em: mai. 2019.
- USDA-NATIONAL. **AGRICULTURAL STATISTICAL SERVICE (USDA-NASS)**. Corn: Grain yield. 2012. Disponível em: <http://quickstats.nass.usda.gov/results/B27F93A5-9648-3ECF-A23E-870AFA3AF60?pivot=short_desc> Acesso em: jul. 2019.
- USDA-NATIONAL. **AGRICULTURAL STATISTICAL SERVICE (USDA-NASS)**. Illinois farm report. 2011.
- VAN ROEKEL, R. J.; COULTER, J. A. Agronomic responses of corn hybrids to row width and plant density. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 3, p. 612–620 , 2012.
- VAN ROEKEL, R. J.; COULTER, J. A. Agronomic responses of corn to planting date and plant density. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 5, p. 1414–1422 , 2011.