

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GIAN CEZAR KLEIN**

**INTERFERÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA  
DE HÍBRIDO DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE O DESEMPENHO  
AGRONÔMICO**

**PATO BRANCO**

**2023**

**GIAN CEZAR KLEIN**

**INTERFERÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA  
DE HÍBRIDO DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE O DESEMPENHO  
AGRONÔMICO**

**Interference of spacing and sowing density of corn hybrid for silage on  
agronomic performance**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia do Curso de  
Bacharelado em Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Regis Luis Missio

Coorientador: Dr. Felipe Grisard Penteado

**PATO BRANCO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GIAN CEZAR KLEIN**

**INTERFERÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA  
DE HÍBRIDO DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE O DESEMPENHO  
AGRONÔMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia do Curso de  
Bacharelado em Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 01/junho/2023

---

Regis Luis Missio  
Doutorado em Zootecnia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Denise Adelaide Gomes Elejalde  
Doutorado em Zootecnia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Igor Kieling Severo  
Mestrado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PATO BRANCO  
2023**

## RESUMO

A cultura do milho é amplamente utilizada na produção de silagem, tendo em vista seu alto rendimento de massa verde, elevada qualidade nutricional bem como alto valor nutritivo de silagem. O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes espaçamentos e densidades de semeadura de milho, visando a produção de silagem no Sudoeste do Paraná. Foi utilizado delineamento experimental blocos ao acaso, com os tratamentos em esquema fatorial 3x4 (três espaçamentos e quatro densidades). Os espaçamentos avaliados foram: 45 cm, 90 cm e linhas pareadas (composto pela alternância de linhas com 45 e 90 cm), e as densidades de semeadura foram 55, 65, 75 e 85 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Para a avaliação das medidas biométricas foram escolhidas aleatoriamente oito plantas nas linhas centrais de cada parcela, onde foi mensurada a altura das plantas, altura de inserção de espiga e o diâmetro de colmo. As mesmas plantas, foram utilizadas para a determinação dos componentes de rendimento: número de fileiras/espiga, número de grãos/fileira, número de grãos/espiga e massa de 1000 grãos. A produção de forragem foi determinada em outras quatro plantas escolhidas ao acaso em cada parcela. Não foi encontrada interação significativa entre espaçamentos entre linhas e densidade de plantas para as variáveis analisadas. Os espaçamentos utilizados, não interferiram nas variáveis de rendimento, a não ser a altura de inserção de espiga e o número de grãos de milho por fileira. A altura de inserção da espiga foi menor no espaçamento de fileiras intercaladas, comparado aos demais. O número de grãos por fileira foi maior no espaçamento de 90 cm, não diferindo estatisticamente do espaçamento intercalado, o qual não diferiu do espaçamento 45 cm. O aumento da densidade de plantas provocou um aumento linear na altura de plantas e altura de inserção de espiga. O diâmetro de colmo diminuiu linearmente com o aumento da densidade de plantas. O número de grãos por fileira e o número de grãos por espiga não sofreram alteração pelo aumento da densidade de plantas. O número de grãos por fileira e o peso de mil grãos foram elevados linearmente com o aumento da densidade de plantas. O aumento na densidade populacional de plantas, ocasionou uma maior produção de forragem.

**Palavras-chave:** silagem de milho; peso de mil grãos; produção de matéria seca.

## ABSTRACT

The corn crop is widely used in the production of silage, in view of its high yield of green mass, high nutritional quality as well as high nutritional value of silage. The present work aimed to evaluate different spacing and sowing densities of maize, aiming at the production of silage in the Southwest of Paraná. A randomized block design was used, with treatments in a 3x4 factorial scheme (three spacing and four densities). The evaluated spacings were: 45 cm, 90 cm and paired rows (composed by alternating rows with 45 and 90 cm), and sowing densities were 55, 65, 75 and 85 thousand plants ha<sup>-1</sup>. For the evaluation of the biometric measures, eight plants were randomly chosen in the central lines of each plot, where the height of the plants, height of insertion of spike and stem diameter were measured. The same plants were used to determine the yield components: number of rows/ear, number of grains/row, number of grains/ear and mass of 1000 grains. Forage production was determined on four other randomly chosen plants in each plot. No significant interaction was found between row spacing and plant density for the analyzed variables. The spacing used did not interfere with the yield variables, except for the ear insertion height and the number of corn kernels per row. The height of grains per ear was lower in the spacing of interspersed rows, compared to the others. The number of grains per row was higher in the 90 cm spacing, not statistically different from the intercalated spacing, which did not differ from the 45 cm spacing. Increasing plant density caused a linear increase in plant height and ear insertion height. Stem diameter decreased linearly with increasing plant density. The number of grains per row and the number of grains per ear did not change with the increase in plant density. The number of grains per row and the weight of a thousand grains increased linearly with the increase in plant density. The increase in plant population density led to greater forage production.

**Keywords:** corn silage; thousand grain weight; dry matter production.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Dados de temperatura máxima média, temperatura mínima média e pluviosidade no local do experimento durante sua condução a campo na safra 2019/2020. UTFPR, Pato Branco – PR, 2023 . . . . .</b>	<b>14</b>
---	-----------

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Variáveis relacionadas com os componentes de rendimento de acordo com os espaçamentos entre linhas, UTFPR, Pato Branco – PR, 2023 . . .</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 2 – Variáveis relacionadas com os componentes de rendimento de acordo com as densidades de plantas, UTFPR, Pato Branco – PR, 2023 . . . .</b>	<b>20</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> . . . . .	<b>8</b>
1.1.1	Objetivo Geral . . . . .	8
1.1.2	Objetivos Específicos . . . . .	8
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância da silagem</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Cultivares de milho</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Espaçamento entre linhas</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Densidade de semeadura</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> . . . . .	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>23</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais utilizadas para produção de silagem. Isso ocorre, em razão do alto rendimento de massa verde por hectare, além de elevada qualidade nutricional, possibilitando altas produções e alto valor nutritivo de silagem (LAVEZZO; LAVEZZO; NETO, 1997). Brasil (2022) Para a safra 22/23, o Departamento de agricultura dos Estados Unidos estimou que serão produzidos mais de 1.168 milhões de toneladas de milho no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás dos Estados Unidos e da China; produção brasileira de milho aumentou 75% nos últimos 22 anos, e está calculada em torno de 130 milhões de toneladas nesta safra (11% da produção mundial) (BRASIL, 2022). Estes dados demonstram a relevância da cultura do milho para o Brasil.

A justificativa do uso de silagem de milho inclui, entre outras, o amplo conhecimento sobre o cultivo desta cultura (MIRANDA; RESENDE; VALENTE, 2002). No entanto, o lançamento de novas cultivares de milho é uma constante realidade para o produtor. Atualmente está disponível no mercado uma grande diversidade de híbridos de milho, que possuem finalidades diferentes entre si quanto as condições de cultivo e a finalidade de uso. Para a produção de silagem, o agricultor deve escolher cultivares que possuam além da alta capacidade produtiva, todas as características agrônômicas da planta, uma vez que estas podem interferir na qualidade final do produto (PAZIANI *et al.*, 2009).

Quanto aos aspectos de cultivo, o uso de espaçamento menor entre linhas é mais recente, pois a maioria dos pequenos agricultores não possuem grande tecnologia de equipamentos para fazer a coleta do milho em área total, sendo normalmente utilizada máquinas acopladas aos tratores que cortam apenas uma ou até duas linhas, tendo-se assim como melhor estratégia o uso de espaçamentos mais largos (AGUIAR *et al.*, 2014). As novas formas de se plantar, de acordo com Argenta, Silva e Sangoi (2001), com menores espaçamentos, só foram possíveis e melhores aproveitadas pelas modificações genéticas, fisiológicas e morfológicas na planta do milho, como: tamanho do pendão, taxa de senescência foliar durante o enchimento de grãos, intervalo de fertilização, número de plantas estéreis, número de folhas, estatura de planta, raízes e acamamento de colmos, tendo-se de reduzir o espaçamento, para que mutuamente com o melhoramento, aumente a produtividade. Segundo estes autores, o arranjo de plantas pode ser manipulado por meio de alterações na densidade de plantas, no espaçamento entrelinhas e na distribuição de plantas na linha, e as variações na distância entre plantas na linha e nas linhas, são quem conferem os diferentes arranjos espaciais na lavoura.

O melhor arranjo é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes, em que plantas espaçadas equidistantemente competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores de crescimento (LAUER, 1994). Considerando-se que novos materiais de milho para silagem são constantemente lançados no mercado, torna-se necessário a validação do melhor arranjo entre plantas destes híbridos, especialmente para as condições edafoclimáticas do Sudoeste do Paraná.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar diferentes espaçamentos e densidades de semeadura de milho cultivado na segunda safra, visando a produção de silagem no Sudoeste do Paraná.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a produção de forragem de milho para silagem sob diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.
- Avaliar a participação de grãos na massa total de forragem de milho sob diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.
- Avaliar os componentes de rendimento de milho para silagem sob diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.
- Avaliar a composição morfológica de milho para silagem sob diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância da silagem

Um dos meios de alimentação de animais ruminantes, tanto na produção de carne quanto para a produção de leite é o fornecimento de silagem de milho, destinada principalmente à alimentação de vacas leiteiras. A maior concentração de animais para a produção de leite se encontra principalmente na região sul do Brasil, sendo que nestas regiões se encontram as maiores áreas destinadas ao plantio de milho, que são destinadas para a ensilagem (GIMENES *et al.*, 2006).

O uso de materiais conservados para alimentação de animais, teve início em países com invernos rigorosos que ocorria a escassez de pasto neste período (GIMENES *et al.*, 2006). Bitencourt (2000), realizou um estudo sobre a produção leiteira no Rio Grande do Sul apontando como maior fator de estrangulamento para os produtores a falta de reserva alimentar, que ocorre principalmente nos meses de março, abril e novembro. De acordo com Backes, Sanchez e Gonçalves (2001), a técnica da ensilagem visa cortar e picar a planta de milho inteira, posteriormente armazenar esta em um silo, o qual é posteriormente vedado, impedindo a entrada ou saída de ar do interior. O método de fechamento do silo se faz necessário pela presença de bactérias anaeróbicas que irão fazer o processo fermentativo do milho (GIMENES *et al.*, 2006).

Segundo dados do CNA (2019), no ano de 2018 ocorreu um aumento de 0,5%, em relação ao ano de 2017, na captação de leite que é fiscalizada pela vigilância sanitária. Neste contexto, o estado do Paraná se destacou pelo expressivo aumento da captação de leite, perdendo no total captado apenas para os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Vieira *et al.* (2011) coloca as regiões do Sudoeste e Oeste do Paraná como as maiores produtoras do Estado, e salienta a queda no número de estabelecimentos produtores e o aumento produtivo por propriedade, que muito provavelmente se deve pelo aumento da capacidade produtiva, ou pela implantação de novas tecnologias, trazendo uma maior eficiência produtiva. Dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2008 *apud*. Vieira *et al.* (2011) mostram redução na quantidade de propriedades leiteiras, na região Sudoeste, de 47.277 para 44.632, ou seja, uma variação de 5,59%, entre os anos de 1996 e 2006. Entretanto, neste mesmo período, houve aumento na produção de litros de leite por propriedade, passando de 4.633 litros para 13.905 litros/mês, uma variação de 200% (VIEIRA *et al.*, 2011).

Diante ao exposto contexto, fica evidente a necessidade de iniciativas que possam auxiliar a tomada de decisão a fim de melhorar a produção de forragens conservadas e, dessa forma, melhorar os índices produtivos da pecuária leiteira.

## 2.2 Cultivares de milho

As primeiras cultivares de milho que foram recomendadas ou utilizadas, mesmo sem embasamento teórico, eram cultivares de porte alto e com grande produção de matéria seca total (MS), pois possuíam poucos estudos e muitas vezes utilizadas sem recomendações de profissionais da área, mas que através das pesquisas realizadas mostraram-se desapropriadas para este fim, pela baixa participação de grãos na massa total, trazendo baixas qualidades de silagem posteriormente (BACKES; SANCHEZ; GONÇALVES, 2001; CRUZ *et al.*, 2001; MARCONDES *et al.*, 2012; NUSSIO; SIMAS; LIMA, 2001; SILVA *et al.*, 2018).

Atualmente pode-se afirmar que a escolha das cultivares sem conhecimento das características bromatológicas já ficou para trás. Com o avanço da pecuária leiteira, aumentando consideravelmente a produção/vaca/dia, surge a necessidade de suprimento das exigências nutricionais dos animais, que é fornecida através do trato com volumoso, pastejo e concentrados (BITENCOURT, 2000). Para suprir a produção elevada de leite surge a necessidade de se obter melhores concentrações de nutrientes nos alimentos, que é fornecida, no caso da silagem, pela planta de milho, e é aí que entram todas as formas de melhorias em relação às cultivares mais bem adaptadas, com melhores concentrações nutricionais possíveis para cada região e com o menor custo possível, gerando mais renda para o produtor (BITENCOURT, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Para a escolha do híbrido a ser utilizado para a silagem, deve-se escolher a que melhor se adequa à região. Cada cultivar possui seu catálogo de especificações que é fornecida pela empresa desenvolvedora e que foi testada para tal finalidade, mas cada local de implantação possui um tipo de solo, clima, condições climáticas, altitude entre outras. Para a escolha do híbrido também se faz necessário a consideração dos tipos de manejos utilizados pelo agricultor, que juntamente com os genótipos escolhidos irão fornecer um desenvolvimento específico para cada região (PAZIANI *et al.*, 2009).

Segundo Cruz *et al.* (2005), a produção obtida de uma lavoura de milho é resultado da associação do potencial genético da semente e das condições do local de plantio e do manejo da lavoura. Assim esses fatores são responsáveis por cerca de 50% do rendimento final. Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser a razão do sucesso ou do insucesso da lavoura.

Dentre os objetivos dos programas de seleção de novas cultivares está a procura de cultivares que possuam ligações mais fracas na constituição da parede celular e, conseqüentemente, com concentrações de lignina ideais para cada região, proporcionando melhor digestibilidade da fibra e aumento da produtividade (COSTA; ARRIGONI; SILVEIRA, 1999; MELO *et al.*, 1999). Segundo Marcondes *et al.* (2012) algumas características agronômicas importantes para o melhoramento genético são, aumento da janela de colheita, diminuição da taxa de secagem da planta, ideal altura de espiga, altura de planta, número de folhas, produção de matéria verde,

produção de matéria seca e a alta produção de grãos. A validação do melhor arranjo das plantas destes novos híbridos, neste contexto, é muito importante para balizar a tomada de decisão.

### 2.3 Espaçamento entre linhas

Para as novas cultivares que surgem no mercado sementeiro, com características de alta produtividade, deve-se adequar a taxa de semeadura por hectare de área (ALVAREZ; PINHO; BORGES, 2006). De acordo com Borghi *et al.* (2007), a densidade de semeadura ótima é o número de plantas capaz de explorar de maneira mais eficiente os recursos ambientais de uma determinada área. Para se adequar essa taxa, muitos são os fatores que devem ser levados em consideração para que se obtenha a alta produção esperada (KLEIN *et al.*, 2018). A redução do espaçamento também é positivamente correlacionada para o aumento da produtividade (DAMASCENO *et al.*, 2010; GUARESCHI *et al.*, 2008; MODOLO *et al.*, 2010; ALVAREZ; PINHO; BORGES, 2006; BORGHI *et al.*, 2007). Com a diminuição do espaçamento entre as linhas, é necessário colocar as sementes de forma equidistante no solo, diminuindo as perdas pela competição por água, luz e nutrientes. O arranjo espacial por meio das modificações em espaçamento de linhas e diferentes taxas de semeadura é um dos tratamentos que é mais facilmente alterado em um cultivo (TURCO, 2011).

O estudo realizado por Vieira (2013), demonstrou que a redução do espaçamento entre linhas de 1,0 m para 0,5 m, quando associado à elevação da taxa de semeadura de 50.000 para 70.000 plantas por hectare tem-se um aumento de 69,69% na produção de silagem. Já Guareschi *et al.* (2008), utilizando dois espaçamentos (0,9 m e 0,45 m), duas adubações (300 kg ha<sup>-1</sup> e 600 kg ha<sup>-1</sup>) e três taxas de semeadura (60.000 pl ha<sup>-1</sup>, 80.000 pl ha<sup>-1</sup> e 99.000 pl ha<sup>-1</sup>) teve um resultado diferente, obtendo ganho de produção de silagem no milho safrinha somente quando utilizou o espaçamento de 0,45 m entre linhas, sem o aumento da densidade de plantas.

Outro problema enfrentado pelos produtores de milho são os gastos com herbicidas para a eliminação de plantas daninhas, esse pode ser menor quando adotadas práticas como Integração entre Lavoura e Pecuária (ILP) e plantio de plantas de cobertura, porém esta é uma prática que pode aumentar o investimento em maquinário (ALVARENGA *et al.*, 2006). Borghi *et al.* (2008), encontrou um aumento nas populações de plantas daninhas quando o espaçamento foi reduzido de 0,9m para 0,45m no plantio direto, isso pode ser decorrente da maior taxa de revolvimento do solo (duas linhas ao em vez de uma). Os mesmos autores verificaram redução de plantas daninhas pela maior cobertura do solo com plantas de milho, o que gera menor interceptação luminosa e germinação de plantas daninhas. Ainda segundo Martins *et al.* (2015), a modificação dos espaçamentos utilizados pelos produtores de silagem, pode proporcionar um melhor aproveitamento nos gastos energéticos da propriedade.

## 2.4 Densidade de semeadura

A população ideal para maximizar a produtividade é variável (30.000 a 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>) dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo da cultivar, época de semeadura e espaçamento entrelinhas (SANGOI, 2001). Sangoi *et al.* (2002), comparando um híbrido duplo e um híbrido simples submetidos ao mesmo espaçamento e às populações de 25, 50, 75 e 100.000 plantas/ha, obtiveram que a resposta da produtividade de grãos ao incremento da população foi quadrática para todos os híbridos testados e o híbrido simples foi o mais exigente, requerendo 85.000 plantas há<sup>-1</sup> para maximizar a produtividade. Na maior densidade, 5% das plantas dos híbridos duplos não produziram espigas, enquanto todas as plantas do híbrido simples produziram, em razão da sincronia no desenvolvimento floral, minimizando a natureza protândrica da planta em altas densidades. A arquitetura foliar ereta do híbrido simples favoreceu a interceptação de radiação, minimizando o sombreamento entre folhas, o que aumentou a disponibilidade de carboidratos durante a floração, sustentando o desenvolvimento das espigas e grãos em alta densidade.

A densidade do plantio deve ser ajustada com as condições do solo, clima, cultivar, tratos culturais e finalidade da cultura (RESENDE *et al.*, 2017). Em geral, a produção irá ter um ganho de produtividade até certo nível ótimo, que é limitado pelas características da planta e pelas condições ambientais. Depois de atingida esta densidade ótima, os rendimentos serão progressivamente decrescentes. A maior limitação para as altas populações são o grande número de plantas sem espigas, a alta frequência de espigas pequenas e o aumento de acamamento, devido à fragilidade dos colmos que ficam longos e finos (RESENDE *et al.*, 2017).

Na produção de silagem pode-se utilizar uma densidade de cerca de 10% maior daquela recomendada para a produção de grãos, sem que se tenha perda de produtividade e tendo um ganho na produção de massa verde (CRUZ; PEREIRA FILHO; GONTIJO NETO, 2021). Para as cultivares de menor porte e de ciclos mais precoces essa taxa também pode ser elevada, com recomendações para a maioria das cultivares de 50 a 60 mil plantas ha<sup>-1</sup> (MIRANDA; RESENDE; VALENTE, 2002). Com uma maior população de plantas existe uma maior competição por água e nutrientes do solo, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, que por sua vez influencia o rendimento de biomassa. Assim, o aumento da densidade de plantas até determinado limite é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por área é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (CRUZ *et al.*, 2007).

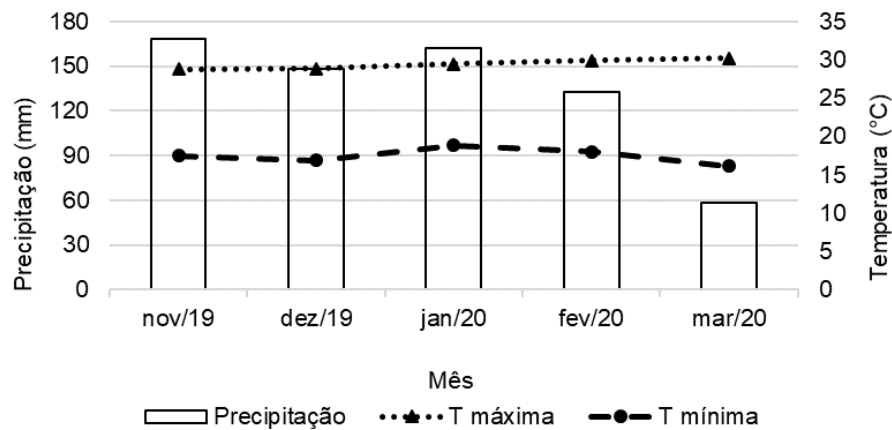
O cultivo com uma taxa de semeadura maior que a densidade recomendada pelo fabricante, também pode acarretar em uma série de consequências negativas na formação da espiga, podendo levar à esterilidade. Podendo desencadear a planta de milho a “protangria” (anteras se desenvolvendo antes das partes femininas) transformando poucos primórdios de espiguetas em floretes funcionais durante a floração o que pode diminuir o número de espiguetas

que serão fertilizadas devido à falta de coincidência entre antese e espigamento, ocasionando em uma redução do tamanho final de espigas (SANGOI, 2001).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco (26°41'17" S e 52°41'17" O), com altitude média de 730 metros. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é subtropical úmido do tipo Cfb, conforme classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). Na Figura 1 estão apresentados os dados climáticos durante o período do experimento.

**Figura 1 – Dados de temperatura máxima média, temperatura mínima média e pluviosidade no local do experimento durante sua condução a campo na safra 2019/2020. UTFPR, Pato Branco – PR, 2023**



Fonte: Nasa/Power (2022).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso (DBA), com os tratamentos em esquema fatorial 3x4 (três espaçamentos e quatro densidades), utilizando-se quatro repetições por tratamento.

Foi utilizada uma área experimental de 2700 m<sup>2</sup> dividida em 48 unidades experimentais (UE), com 6m de comprimentos por 6,3m de largura, totalizando aproximadamente 38 m<sup>2</sup>/parcela. As parcelas tiveram 14, 7 e 10 linhas de semeadura para os espaçamentos de 0,45 m, 0,90 m e plantio em linhas pareadas, respectivamente. Foram utilizadas como bordaduras duas linhas de cada lado e 1m entre parcelas para todos os tratamentos. O critério de bloqueamento foi a declividade do terreno (10%). O plantio do milho foi realizado manualmente com o auxílio de equipamento (matraca), considerando-se os preceitos do plantio direto, após a dessecação da cobertura verde. A área experimental apresentava o cultivo de consórcio de aveia preta e nabo para cobertura do solo durante o inverno. Foram avaliados três espaçamentos (0,45m, 0,90m e plantio em linhas pareadas) e quatro densidades de semeadura (55, 65, 75 e 85 mil plantas ha<sup>-1</sup>). O tratamento com linhas pareadas foi composto pela alternância de linhas com espaçamento de 45 cm e linhas com espaçamento de 90 cm. Foi utilizado o híbrido B2688, e a semeadura ocorreu no dia 19 de novembro de 2019. A adubação de base foi incorporada



nas linhas de plantio, com semeadora de plantio direto, baseada em análise do solo prévia, com o uso de 350 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK 08-30-15; a adubação de cobertura foi realizada em duas aplicações de ureia na quantidade de 300 kg ha<sup>-1</sup>, dividida nos estágios V3 e V6 do desenvolvimento das plantas. Quando houve presença de plantas daninhas e insetos pragas foi realizado controle químico com herbicida e inseticida, respectivamente.

Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste das mesmas, realizando-se a contagem de plântulas em duas linhas centrais de cada parcela para determinação do estande inicial de plantas. Antes da colheita foi realizada a contagem das plantas nestas linhas centrais de cada parcela para determinação do estande final de plantas. O número de dias do plantio até ensilagem foi contabilizado, considerando-se o ponto de colheita quando o grão se apresentar no estágio farináceo-duro.

Para a avaliação das medidas biométricas foram escolhidas aleatoriamente oito plantas de cada parcela, desconsiderando-se a bordadura, nas quais se determinou a altura das plantas, altura de inserção de espiga e o diâmetro de colmo. A altura de plantas foi medida com auxílio de uma régua, medindo-se do solo ao ápice do pendão de cada planta. A altura de inserção de espiga também foi medida com auxílio de uma régua, medindo-se a altura do solo até o pedúnculo floral feminino de cada planta. O diâmetro de colmo foi medido em milímetros com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se o colo de cada planta escolhida (entre o primeiro e o segundo nó). Foi realizada a avaliação das plantas acamadas e quebradas através da contagem, de cada parcela desconsiderando-se a bordadura, o número de plantas acamadas (plantas que não apresentaram quebras e se encontraram rente ao solo) e plantas quebradas (plantas que apresentaram quebras na região do caule abaixo da espiga).

Após a avaliação biométrica, as plantas foram cortadas à 30 cm do solo, com o auxílio de uma faca. Das oito plantas, quatro escolhidas ao acaso foram utilizadas para determinação dos componentes de rendimento: número de fileiras/espiga, número de grãos/fileira, número de grãos/espiga e massa de 1000 grãos. O número de fileiras/espiga e o número de grãos por fileiras foram avaliados realizando-se a contagem visual em cada espiga. O número de grãos/espiga foi determinado multiplicando-se o número de fileiras/espiga pelo número de grãos/fileira. A massa de 1000 grãos foi determinada retirando-se uma amostra dos grãos de quatro espigas por parcela, que foram pesadas em balança analítica. A produtividade de grãos foi extrapolada para ton ha<sup>-1</sup> e a umidade corrigida para 13%. A umidade foi determinada com a utilização do Medidor de Umidade Geole-400. As outras quatro plantas restantes foram utilizadas para separação morfológica. As plantas foram separadas em: colmo+bainha, lâmina foliar, grão, sabugo e palha. Posteriormente, estas frações secas em estufa com circulação de ar forçado a 55°C durante 72 horas, foram pesadas para determinação de sua participação na massa de forragem produzida e/ou ensilada. A produção de forragem foi determinada em outras quatro plantas escolhidas ao acaso em cada parcela, desconsiderando-se a bordadura, as quais foram cortadas a 30 cm do solo com o auxílio de uma faca, e pesadas para obtenção da produção de forragem verde.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade e homogeneidade de variância. Depois de satisfeitas as pressuposições, os dados foram submetido à análise de variância e regressão. As médias dos espaçamentos, foram comparadas pelo teste Tukey, considerando 5% como nível crítico de significância, através dom programa R versão 4.0.3 (R CODE TEAM, 2020).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assim como esperado, os estandes de plantas inicial e final não variaram estatisticamente na comparação entre os espaçamentos entre linhas (Tabela 1). Em relação às variáveis de rendimento, somente a altura de inserção de espiga (ALTIE) e o número de grãos de milho por fileira (NGF) sofreram interferência nos diferentes espaçamentos entre linhas.

**Tabela 1 – Variáveis relacionadas com os componentes de rendimento de acordo com os espaçamentos entre linhas, UTFPR, Pato Branco – PR, 2023**

Variáveis	Espaçamentos entre linhas		
	45 cm	90 cm	Fileiras intercaladas
<b>EI, no</b>	65.394	65.509	62.632
<b>EF, no</b>	64.418	58.787	63.516
<b>ALT, cm</b>	245,12	244,00	241,00
<b>ALTIE, cm</b>	137,27a	137,42a	132,80b
<b>DC, cm</b>	21,30	21,11	20,88
<b>NF, no</b>	19,38	18,96	18,77
<b>NGF, no</b>	30,27b	32,37a	30,97ab
<b>NGE, no</b>	589,48	607,08	591,83
<b>PMG, g</b>	246,25	248,03	249,06
<b>PMS, ton ha-1</b>	22,10	22,12	22,10

Fileiras intercaladas = uma linha com 45 cm e outra com 90 cm, EI - estande inicial, EF – estande final, ALT – altura de planta, ALTIE – altura de inserção de espiga, DC – diâmetro de colmo, NF – número de fileiras por espiga, NGF – número de grãos por fileira, NGE – número de grãos por espiga, PMG – peso de mil grãos, PMS – produtividade de matéria seca. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Fonte: Autoria própria (2023).**

A altura de plantas é uma característica intrínseca dos híbridos (ARAUJO *et al.*, 2021; GRALAK *et al.*, 2014). No entanto, há possibilidade de sofrer alterações pela interferência do ambiente, seja pelo local de plantio, fertilidade, disponibilidade hídrica ou pela competição intra-específica por luz (GRALAK *et al.*, 2014; BOOMSMA *et al.*, 2009; KUNZ *et al.*, 2007; MARCHÃO; BRASIL; XIMENES, 2006). No cultivo de milho, o espaçamento entre as linhas de plantio interfere na quantidade de luz interceptada na área (ROBLES; CIAMPITTI; VYN, 2012), todavia, o espaçamento não interfere na altura de plantas (KAPPES *et al.*, 2011; MAKINO *et al.*, 2019; NEUMANN *et al.*, 2019; SKONIESKI *et al.*, 2014). Por outro lado, Modolo *et al.* (2010) constataram redução na altura de plantas, quando reduzido o espaçamento de 90 cm para 70 ou 45 cm.

A altura de inserção de espiga (ALTIE) foi menor no espaçamento intercalado diferindo estatisticamente dos demais espaçamentos (Tabela 1). Essa, é uma característica importante no cultivo do milho, sendo que a ALTIE, influencia no tombamento de plantas. Opostamente, (MAKINO *et al.*, 2019), não encontraram diferença significativa na altura de inserção da espiga, nos mesmos espaçamentos, mas utilizando um híbrido diferente, motivo pelo qual pode esclarecer os diferentes resultados (GRALAK *et al.*, 2014). Avaliando espaçamentos, diversos autores

concluíram que os espaçamentos não interferem na altura de inserção de espiga (KAPPES *et al.*, 2011; NEUMANN *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2017; SKONIESKI *et al.*, 2014). Contudo, Modolo *et al.* (2010) observaram maior altura de inserção de espiga nos espaçamentos de 90 e 70 cm, comparado a 45 cm. O resultado dos diferentes espaçamentos sob a altura de inserção de espiga, assim como a altura de plantas, pode estar associado às condições ambientais onde foram realizadas as diferentes pesquisas.

O desenvolvimento do colmo (DC) não diferiu entre os diferentes espaçamentos. Em tese, o DC em diâmetro, não sofre interferência de espaçamentos (MODOLO *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2017; SKONIESKI *et al.*, 2014). Todavia, Kappes *et al.* (2011) constataram diâmetro maior no plantio com espaçamento 45 cm, quando comparado a 90 cm. O diâmetro de colmo está diretamente relacionado à altura de plantas, sendo que quando há competição, principalmente por luz, há um maior crescimento em altura devido ao detrimento do crescimento radial (STACCIARINI *et al.*, 2010). Dessa forma, no trabalho desenvolvido por Kappes *et al.* (2011), o fator que resultou aumento dos diâmetros dos colmos, foi a competição intraespecífica na linha de plantio do milho.

O número de fileiras por espiga (NF) não diferiu estatisticamente entre os espaçamentos (Tabela 1). Via de regra, a literatura apresenta resultados contraditórios sobre o NF, quando estudados diferentes espaçamentos. Kappes *et al.* (2011) e Pereira *et al.* (2017), não constataram variação no número de fileiras, já Modolo *et al.* (2010) e Monteiro e Stocker (2020) verificaram que o aumento no espaçamento de plantio, ocasiona um aumento no número de fileiras por espiga, o que pode ser explicado pela ocorrência do aumento do tamanho das espigas em espaçamentos menores. Esse aumento do número de fileiras, influenciado pelos espaçamentos, é relacionado com o híbrido cultivado (MONTEIRO; STOCKER, 2020). O híbrido influencia o número de fileiras na espiga, sendo que em há ocorrência de diâmetros de espiga diferentes, ainda que nas mesmas condições de desenvolvimento (KAPPES *et al.*, 2011).

O número de grãos por fileira (NGF) foi maior significativamente no espaçamento de 90 cm comparado ao espaçamento de 45 cm (Tabela 1). O espaçamento de fileiras intercaladas, apresentou número de grãos por fileira maior do que o espaçamento 45 cm e menor que o espaçamento 90 cm, não diferindo estatisticamente de ambos. Do mesmo modo, Modolo *et al.* (2010) e Ferreira *et al.* (2021), obtiveram o mesmo resultado, quando aumentado o espaçamento entre as linhas de plantio houve maior no número de grãos por fileira. Segundo Ventura e Dalchiavon (2018), esses resultados são em decorrência do maior desenvolvimento em comprimento da espiga, quando realizado o cultivo do milho em maiores espaçamentos. Em contrapartida, outros autores não encontraram variação no tamanho e comprimento de espiga com a diferença de espaçamentos (KAPPES *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2017; MONTEIRO; STOCKER, 2020). Essa condição, pode ser alterada de acordo com o a fertilidade do solo (SANTOS *et al.*, 2014), condições hídricas no período do estudo (BERGAMASCHI *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2021), e também de acordo com o híbrido avaliado (ARAUJO *et al.*, 2021).

O número de grãos por espiga (NGE) é resposta direta do número de fileiras por espiga (NF) e do número de grãos por fileira (NGF). Por mais que no espaçamento de 90 cm foi observado um significativo aumento no número de grãos por fileira, tal fator não refletiu no aumento do número de grãos por espiga. As duas variáveis (NGE e NGF) sofrem interferência de fatores como o híbrido (ARAÚJO *et al.*, 2016), fertilidade do solo (SANTOS *et al.*, 2014) e a condição climática, logo, é provável que o número de grãos por espiga seja reflexo desses fatores.

O peso de mil grãos (PMG) não diferiu estatisticamente entre os diferentes espaçamentos (Tabela 1). Segundo Demétrio *et al.* (2008) e Modolo *et al.* (2010), o espaçamento não tem influência sob o peso de mil grãos. No entanto, dependendo do híbrido, há possibilidade de ocorrer uma pequena interferência sobre essa variável (KAPPES *et al.*, 2011; MONTEIRO; STOCKER, 2020), sendo que a diminuição do espaçamento das linhas de plantio, consegue proporcionar um incremento na massa de grãos (LANA *et al.*, 2014) ou redução (KAPPES *et al.*, 2011). O peso de mil grãos sofre interferência direta da competição intraespecífica por recursos, sendo assim, o PMG é influenciado pela densidade de plantas, e pela disponibilidade de recursos do local de cultivo (FUMAGALLI *et al.*, 2017; VENTURA; DALCHIAVON, 2018).

A produção de matéria seca (PMS), não diferiu entre os espaçamentos adotados (Tabela 1). A utilização de novos espaçamentos, não causa alteração na produtividade de matéria seca (PMS) (MAKINO *et al.*, 2019; NEUMANN *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2017; SKONIESKI *et al.*, 2014). Porém segundo Alvarez, Pinho e Borges (2006), podem ser observadas alterações dependendo do ano de cultivo e do híbrido utilizado. A PMS, é caracterizada pela quantidade de forragem produzida em determinada lavoura, e depende do potencial produtivo da cultivar sob interferência do manejo (SKONIESKI *et al.*, 2014), e dos fatores abióticos (GALON *et al.*, 2010) e bióticos (WAQUIL, 1997). Dentro do manejo, o arranjo de plantas é capaz de intervir no rendimento da lavoura, quando o espaçamento entre linhas e a densidade populacional atuam proporcionando alteração na produtividade (SANGOI *et al.*, 2019), fato esse, não verificado neste estudo. Um elemento que pode ter influenciado, para que não ocorresse diferença entre os espaçamentos, foi a ocorrência da cigarrinha do milho (*Dalbulus Maidis*) na safra em estudo, sendo que a praga ocasionou redução na produtividade da cultura do milho.

O estande de plantas inicial (EI) e final (EF) não alcançaram a densidade populacional esperada (Tabela 2). Isso, pode ser em decorrência do período de estiagem que ocorreu na região, porém mesmo assim conseguiu-se atingir diferentes densidades populacionais, como esperava-se.

O aumento da população de plantas de milho por hectare, resultou em aumento linear ( $P < 0,05$ ) da altura de plantas (ALT) e da altura de inserção da espiga (ALTIE) (Tabela 2). No entanto, o diâmetro do colmo (DC) diminuiu linearmente, com o aumento da densidade de plantas ha<sup>-1</sup>. Pereira *et al.* (2017), Neumann *et al.* (2019) e Neumann *et al.* (2018), encontraram resultados similares, o que pode ser explicado pelo aumento da competição intraespecífica por luz, o qual influencia para um maior crescimento em altura contrariamente ao crescimento radial que é desfavorecido (STACCIARINI *et al.*, 2010). Da mesma forma, Kappes *et al.* (2011) e Ventura e

Dalchiavon (2018), relataram que à medida que se aumentou a densidade de plantas, reduziu o crescimento radial e o diâmetro de colmo.

**Tabela 2 – Variáveis relacionadas com os componentes de rendimento de acordo com as densidades de plantas, UTFPR, Pato Branco – PR, 2023**

Variáveis	Densidades populacionais (plantas/ha)				P – valor	
	55000	65000	75000	85000	L	Q
<b>EI, no</b>	52.675	58.017	72.645	74.709	<0,001	0,688
<b>EF, no</b>	52.103	56.315	70.861	74.683	<0,001	0,997
<b>ALT, cm</b>	239,63	242,20	244,82	246,85	0,049	0,922
<b>ALTIE, cm</b>	131,10	133,97	137,27	140,98	<0,001	0,787
<b>DC, cm</b>	21,84	21,65	20,52	20,39	0,013	0,955
<b>NF, no</b>	19,09	18,87	18,80	19,40	0,521	0,159
<b>NGF, no</b>	31,32	32,66	30,69	30,13	0,037	0,335
<b>NGE, no</b>	601,17	618,50	579,33	585,50	0,399	0,808
<b>PMG, g</b>	252,92	254,46	242,92	240,83	0,013	0,669
<b>PMS, ton ha-1</b>	18,98	20,92	24,04	24,49	<0,001	0,249

L – linear, Q – quadrática, EI - Estande inicial ( $Y = 7999,9708 + 807,3108x$ ), EF = estande final ( $Y = 79030,8750 + 843,86667x$ ), ALT – altura de planta ( $Y = 226,3714 + 0,2429x$ ), ALTIE – altura de inserção de espiga ( $Y = 112,7777 + 0,3293x$ ), DC – diâmetro de colmo ( $Y = 24,9378 - 0,0548x$ ), NF – número de fileiras por espiga, NGF – número de grãos por fileira ( $Y = 35,083 - 0,05546x$ ), NGE = número de grãos por espiga, PMG – peso de mil grãos ( $Y = 281,2354 - 0,4779x$ ), PMS – produção de matéria seca ( $Y = 8349,4135 + 196,51854x$ ), (L = linear), (Q = quadrática).

**Fonte: Autoria própria (2023).**

O aumento na densidade de plantas  $ha^{-1}$ , não alterou o número de fileiras por espiga (NF) e o número de grãos por espiga (NGF) (Tabela 2). Contudo, o número de grãos por fileira (NGF), e o peso de mil grãos (PMG), reduziram linearmente com o aumento da população de plantas de milho para a produção de silagem. A densidade populacional interfere no tamanho das espigas, pela maior competição intraespecífica por recursos (KAPPES *et al.*, 2011). Outros estudos têm encontrado a redução no tamanho das espigas, quando aumentada a população de plantas (BRACHTVOGEL *et al.*, 2009; FUMAGALLI *et al.*, 2017; KAPPES *et al.*, 2011). O aumento na densidade populacional, pode diminuir a capacidade de enchimento de grãos devido ao abortamento de óvulos, causado pela limitação de nutrientes, principalmente nos grãos da ponta da espiga que são os últimos a serem fertilizados (SANGOI *et al.*, 2002). No entanto, nem sempre o aumento da população de plantas, reduz o tamanho de espigas ou o número de grãos por fileira (PEREIRA *et al.*, 2017; STACCIARINI *et al.*, 2010), sendo assim, infere-se que sob condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, pode não ser observado efeito da densidade populacional no desenvolvimento das espigas.

O peso de mil grãos reduziu linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento da população de plantas (Tabela 2). A redução do PMG, pode ocorrer devido ao aumento da competição intraespecífica por luz, nutrientes e água estimulado pela maior densidade populacional (BRACHTVOGEL *et al.*, 2009; FUMAGALLI *et al.*, 2017; STRIEDER *et al.*, 2007; VENTURA; DALCHIAVON, 2018). Segundo Kappes *et al.* (2011), para que ocorra um maior acúmulo de fotoassimilados

nos grãos e maior massa, é necessário baixa competição entre as plantas e uma área com boa disponibilidade de recursos.

A produção de forragem (ton. de matéria seca ha<sup>-1</sup>) aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento da densidade de populacional de milho (Tabela 2). A produtividade de matéria seca (MS) está relacionada com a densidade de plantas. O aumento da populacional possibilita o aumento de produtividade (NEUMANN *et al.*, 2019; NEUMANN *et al.*, 2018; SANGOI *et al.*, 2020), uma vez que as condições edafoclimáticas sejam favoráveis sendo que há um maior número de plantas por hectare. Com o aumento da população de plantas, há uma maior interceptação luminosa e conseqüente maior o rendimento da cultura (PIANA *et al.*, 2008; SANGOI *et al.*, 2019). Porém, esse resultado não é constantemente linear, e varia de acordo com o espaçamento utilizado, visto que para um melhor aproveitamento de recursos, se faz necessário um arranjo de plantas mais equidistante (KUNZ *et al.*, 2007; MAKINO *et al.*, 2019). Neste trabalho, a resposta da PMS encontrada foi linear positiva até a densidade utilizada, mas, em densidades maiores, este padrão de resultado pode não ocorrer.

## 5 CONCLUSÕES

O aumento na densidade de plantas de milho do híbrido B2688, de 52103 para 74683 plantas ha<sup>-1</sup>, aumenta a produtividade de silagem.

O aumento do espaçamento entre linhas, têm pouca influência sobre os componentes de rendimento do milho.



## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. d. E. *et al.* Milho para silagem *Zea mays* L. In: **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. [s.n.], 2014. p. 276–279. ISSN 0375-1538. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacboletim200.pdf>. Acesso em: 14 maio 2023.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Embrapa**, Informe Agropecuário, v. 27, n. 233, p. 106–126, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/490283/cultura-do-milho-na-integracao-lavoura-pecuaria>. Acesso em: 10 maio 2023.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: [http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf). Acesso em: 14 maio 2023.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 402–408, 2006. Acesso em: 10 maio 2023.
- ARAUJO, d. O. *et al.* Agronomic performance and chemical composition of silage from corn hybrids grown in southern Rondonia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021. Acesso em: 10 maio 2023.
- ARAÚJO, L. S. *et al.* Desempenho agrônômico de híbridos de milho na região sudeste de Goiás. **Revista Agroambiente**, v. 10, n. 4, p. 334, jan 2016. Acesso em: 10 maio 2023.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. d.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência rural**, v. 31, p. 1075–1084, 2001. Acesso em: 10 maio 2023.
- BACKES, A. A.; SANCHEZ, L. M. B.; GONÇALVES, M. B. F. Desempenho de novilhos Santa Gertrudis confinados submetidos a dietas com diferentes fontes protéicas e silagem de milho, com ou sem inoculante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 2121–2125, 2001. Acesso em: 10 maio 2023.
- BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831–839, 2004. Acesso em: 10 maio 2023.
- BITENCOURT, D. **Sistemas de pecuária de leite: uma visão na região de clima temperado**. [S.l.]: Embrapa Clima Temperado, 2000. 63–100 p. Acesso em: 10 maio 2023.
- BOOMSMA, C. R. *et al.* Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 6, p. 1426–1452, 2009. Acesso em: 10 maio 2023.
- BORGHI, E. *et al.* Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta daninha**, v. 26, p. 559–568, 2008. Acesso em: 10 maio 2023.
- BORGHI, É. *et al.* Produtividade e qualidade de forragem de milho em função da população de plantas, do sistema de preparo do solo e da adubação. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 13, n. 4, p. 465–471, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1412>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRACHTVOGEL, E. L. *et al.* Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2334–2339, 2009. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL, S. **Milho: maior cultura agrícola produzida no mundo**. 2022. Disponível em: <https://portal.syngenta.com.br/noticias/milho-maior-cultura-agricola-produzida-no-mundo/#:~:text=Osprincipaisprodutoresdemilho,todomilhoproduzidonomundo>. Acesso em: 14 maio 2023.

CNA. **Pesquisa Trimestral IBGE fecha o ciclo produtivo 2018**. 2019. Comunicado Técnico. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/publicacoes/pesquisa-trimestral-ibge-fecha-o-ciclo-produtivo-2018>. Acesso em: 10 maio 2023.

COSTA, C.; ARRIGONI, M. D. B.; SILVEIRA, A. C. Silagem de grãos úmidos. *In: Simpósio sobre nutrição de bovinos*. [S.l.]: Anais, Piracicaba FEALQ, 1999. Acesso em: 10 maio 2023.

CRUZ, J. *et al.* Avaliação de cultivares de milho na região de Sete Lagoas, MG. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2005. Circular técnica. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/18421/1/Circ\\_65.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/18421/1/Circ_65.pdf). Acesso em: 10 maio 2023.

CRUZ, J. C. *et al.* Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 1, 2007. Acesso em: 10 maio 2023.

CRUZ, J. C. *et al.* **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p. Acesso em: 10 maio 2023.

CRUZ, J. C. I. m.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. Milho para silagem. **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-para-silagem>. Acesso em: 14 maio 2023.

DAMASCENO, T. *et al.* Influência do espaçamento de plantio de milho na produtividade de silagem. *In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 2036–2041. Acesso em: 10 maio 2023.

DEMÉTRIO, C. S. *et al.* Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691–1697, 2008. Acesso em: 10 maio 2023.

EMBRAPA, C. N. d. P. d. S. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. [s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338818>. Acesso em: 14 maio 2023.

FERREIRA, L. *et al.* Spatial arrangement and its implications in the yield of maize cultivars. **Genetics and Molecular Research**, v. 20, n. 1, 2021. Acesso em: 10 maio 2023.

FUMAGALLI, M. *et al.* Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 16, n. 3, p. 426, 2017. Acesso em: 10 maio 2023.

GALON, L. *et al.* Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias E Biológicas**, 2010. Acesso em: 10 maio 2023.

GIMENES, A. L. d. G. *et al.* Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 153–158, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/43297215\\_Composicao\\_quimica\\_e\\_estabilidade\\_aerobia\\_em\\_silagens\\_de\\_milho](https://www.researchgate.net/publication/43297215_Composicao_quimica_e_estabilidade_aerobia_em_silagens_de_milho)

preparadas\_com\_inoculantes\_bacteriano\_eou\_enzimatico\_Chemical\_composition\_and\_aerobic\_stability\_of\_corn\_silages\_made\_with\_bacterials\_ando. Acesso em: 10 maio 2023.

GRALAK, E. *et al.* 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. Acesso em: 10 maio 2023.

GUARESCHI, R. F. *et al.* Produção de massa de milho silagem em função do arranjo populacional e adubação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 468–475, 2008. ISSN 0045-6888. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/88>. Acesso em: 10 maio 2023.

KAPPES, C. *et al.* Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, FapUNIFESP (SciELO), v. 70, n. 2, p. 334–343, 2011. Acesso em: 10 maio 2023.

KLEIN, J. L. *et al.* Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 101–110, 2018. Acesso em: 10 maio 2023.

KUNZ, J. H. *et al.* Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511–1520, 2007. Acesso em: 10 maio 2023.

LANA, M. d. C. *et al.* Spacing, population density and nitrogen fertilization in corn grown in an oxisoil. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 424–433, 2014. Acesso em: 10 maio 2023.

LAUER, J. Should i be planting my corn at a 30-inch row spacing. **Wisconsin Crop Manager**, v. 1, n. 6, p. 311–314, 1994. Acesso em: 10 maio 2023.

LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O. E. N. M.; NETO, O. C. Estádio de desenvolvimento do milho. 1. efeito sobre a produção, composição da planta e qualidade da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 675–682, 1997. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/231663>. Acesso em: 10 maio 2023.

MAKINO, P. A. *et al.* Agronomic performance and photosynthetically active radiation intercepted by maize intercropped with brachiaria. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 4, p. 42–48, 2019. Acesso em: 10 maio 2023.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação 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. Acesso em: 10 maio 2023.

MARCONDES, M. M. *et al.* Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Pesquisa Aplicada Agrotecnologia**, v. 5, n. 2, p. 173–192, 2012. Acesso em: 10 maio 2023.

MARTINS, F. G. L. *et al.* Análise energética da produção de milho para silagem cultivado em diferentes espaçamentos. **Energia na agricultura**, v. 30, n. 4, p. 418–428, 2015. Acesso em: 10 maio 2023.

MELO, W. M. C. *et al.* Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 31–39, 1999. Acesso em: 10 maio 2023.

MIRANDA, J. E. C. d.; RESENDE, H.; VALENTE, J. d. O. Plantio de milho para silagem. **Embrapa Gado de Leite**, 2002. Comunicado técnico. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>

- en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/594900/plantio-de-milho-para-silagem. Acesso em: 10 maio 2023.
- MODOLO, A. J. *et al.* Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 435–441, 2010. Acesso em: 10 maio 2023.
- MONTEIRO, A. B.; STOCKER, C. M. Espaçamento entrelinhas de semeadura e produtividade da cultura do milho irrigado por aspersão. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 4, p. 11–121, 2020. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/567>. Acesso em: 10 maio 2023.
- NEUMANN, M. *et al.* Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 49–62, 2018. Acesso em: 10 maio 2023.
- NEUMANN, M. *et al.* Produção e composição física da planta de milho para silagem em diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Aplicada Agrotecnologia**, v. 12, n. 1, p. 87–97, 2019. Acesso em: 10 maio 2023.
- NUSSIO, L. G.; SIMAS, J.; LIMA, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. *In: Workshop sobre Milho para Silagens*. [S.l.]: FEALQ, 2001. p. 11–26. Acesso em: 10 maio 2023.
- OLIVEIRA, J. S. E. *et al.* Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, 2003. Acesso em: 10 maio 2023.
- PAZIANI, S. d. F. *et al.* Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 411–417, 2009. Acesso em: 10 maio 2023.
- PEREIRA, L. B. *et al.* Características agronômicas da planta e produtividade de silagem de grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, v. 29, n. 1, p. 18–27, 2017. Disponível em: <https://www3.ufrb.edu.br/magistra/index.php/magistra/article/view/230>. Acesso em: 10 maio 2023.
- PIANA, A. T. *et al.* Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2608–2612, 2008. Acesso em: 10 maio 2023.
- RESENDE, H. *et al.* Tecnologia e custo da silagem de milho. **Embrapa Gado de Leite**, 2017. Circular Técnica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078472/tecnologia-e-custo-da-silagem-de-milho>. Acesso em: 10 maio 2023.
- ROBLES, M.; CIAMPITTI, I. A.; VYN, T. J. Responses of maize hybrids to twin-row spatial arrangement at multiple plant densities. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 6, p. 1747–1756, 2012. Acesso em: 10 maio 2023.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência rural**, v. 31, p. 159–168, 2001. Acesso em: 10 maio 2023.
- SANGOI, L. *et al.* Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 101–110, 2002. Acesso em: 14 maio 2023.

- SANGOI, L. *et al.* Estratégias de manejo do arranjo de plantas visando otimizar a produtividade de grãos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 1, p. 47–60, 2019. Acesso em: 10 maio 2023.
- SANGOI, L. *et al.* Narrow and twin-row plantings do not increase maize yield. **Agronomía Colombiana**, v. 38, n. 3, p. 342–349, 2020. Acesso em: 14 maio 2023.
- SANTOS, L. B. d. *et al.* Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 272–281, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17979>. Acesso em: 10 maio 2023.
- SILVA, M. J. D. *et al.* Características bromatológicas em híbridos de milho para produção de silagem no estado de Minas Gerais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 76–82, 2018. Acesso em: 10 maio 2023.
- SILVA, S. *et al.* Parâmetros produtivos do milho sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 30–41, 2021. Acesso em: 10 maio 2023.
- SKONIESKI, F. R. *et al.* Corn plant arrangement and its effect on silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 3, p. 114–119, 2014. Acesso em: 10 maio 2023.
- STACCIARINI, T. d. C. V. *et al.* Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 516–519, 2010. Acesso em: 14 maio 2023.
- STRIEDER, M. L. *et al.* A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 634–642, 2007. Acesso em: 10 maio 2023.
- TURCO, G. M. S. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio**. 2011. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade do Centro-Oeste, Guarapuava, 2011. Disponível em: <https://unicentroagronomia.com/giselle-maria-seleme-turco/>. Acesso em: 10 maio 2023.
- VENTURA, M. F. d. B.; DALCHIAVON, F. C. Agronomic characteristics of corn grown in different population arrangements. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 569–574, 2018. Acesso em: 14 maio 2023.
- VIEIRA, J. A. G. **Espaçamento e densidade de plantio de milho-silagem consorciado com *Brachiaria brizantha***. 2013. Tese (Tese (Doutorado em Plantas daninhas, Alelopatia, Herbicidas e Resíduos; Fisiologia de culturas; Manejo pós-colheita de)) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Acesso em: 10 maio 2023.
- VIEIRA, V. d. C. *et al.* Caracterização da silagem de milho, produzida em propriedades rurais do sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, p. 462–469, 2011. Acesso em: 10 maio 2023.
- WAQUIL, J. M. Amostragem e abundância de cigarrinha e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 1, p. 27–33, 1997. Acesso em: 10 maio 2023.