

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**IGOR RIAN SPOHR**

**PRODUTIVIDADE DO MILHO COM ARRANJO POPULACIONAL EM  
LINHAS GÊMEAS NA SEGUNDA SAFRA**

**Santa Helena**

**2023**

**IGOR RIAN SPOHR**

**PRODUTIVIDADE DO MILHO COM ARRANJO POPULACIONAL EM  
LINHAS GÊMEAS NA SEGUNDA SAFRA**

**Corn yield with population arrangement in twin lines in the second season**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Santa Helena.

Orientador: Prof. Dr. Glauco Vieira Miranda.

**Santa Helena**

**2023**



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.

**IGOR RIAN SPOHR**

**PRODUTIVIDADE DO MILHO COM ARRANJO POPULACIONAL EM  
LINHAS GÊMEAS NA SEGUNDA SAFRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Santa Helena.

Aprovada em Santa Helena, 30 de novembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Glauco Vieira Miranda

UTFPR

---

Profa. Me. Lisiane Sobucki

UTFPR

---

Prof. Dr. Lincon Oliveira Stefanello da Silva

UTFPR

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por ter tido a oportunidade de cursar Agronomia e estar me formando nesta renomada Universidade.

Também agradeço aos meus pais que nunca mediram esforços para me ajudarem em diversas ocasiões e dificuldades, me permitindo estar realizando este sonho.

Um agradecimento especial ao meu orientador que esteve comigo desde o 8º período do curso, me orientando e ajudando a tomar as melhores decisões com paciência e dedicação durante todo este trabalho, o Prof. Dr Glauco Vieira Miranda.

Agradeço também os colegas e amigos que me auxiliaram na implantação e condução deste experimento.

A todos o meu muito obrigado!

“O maior prazer que tenho é ver que meu trabalho deu os frutos esperados e que faço parte do progresso do nosso país. Ser Agrônomo é TUDO.”

Cícero A.

## RESUMO

A produtividade das lavouras de milho depende das cultivares, do ambiente, do manejo cultural e de suas interações. O arranjo populacional de plantas em lavouras de milho é um tipo de manejo cultural que pode ser considerado uma oportunidade de aumentar a produtividade de grãos com os mesmos custos operacionais. No entanto, este arranjo populacional combinado ao aumento da população de plantas/ha pode aumentar ainda mais a produtividade de grãos. Assim, o objetivo do projeto foi avaliar a produtividade na cultura do milho pelo arranjo de linhas solteiras e gêmeas com diferentes populações de plantas em semeadura inicial e tardia na segunda safra. Os experimentos foram realizados no Oeste do Paraná, semeados em fevereiro e março, respectivamente, favorável e desfavorável para produtividades de 12 t/ha. A cultivar utilizada foi a P3282VYH. Os tratamentos foram a combinação de linhas solteiras e gêmeas espaçadas de 0,50 m e 0,50 m x 1 m com as populações de 50, 55 e 60 mil plantas/ha. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com quatro repetições. Cada parcela foi composta por nove linhas de comprimento de 5 metros. Diante dos testes de comparação estatística, os tipos de linhas, populações e sua interação foram significativas. Na população de 60 mil plantas/ha, a produtividade de grãos foi sempre maior para as linhas gêmeas. As linhas solteiras foram superiores ou iguais às linhas gêmeas para as populações de 50 e 55 mil plantas/ha. Nas linhas gêmeas, a produtividade aumentou linearmente com as populações de plantas para ambas semeaduras. Nas linhas solteiras, a produtividade decresceu linearmente com as populações de plantas para a semeadura em fevereiro e não apresentou efeito significativo para a semeadura em março. Conclui-se que o arranjo das linhas gêmeas favorece o aumento da produtividade em relação às linhas solteiras à medida que aumenta a população de plantas; o arranjo das linhas gêmeas com o aumento da população de plantas favorece o aumento da produtividade em condições climáticas favoráveis ou não; além, disso o arranjo das linhas solteiras com o aumento da população de plantas reduz ou não aumenta a produtividade de grãos do milho em condições climáticas limitantes, não sendo recomendado.

**Palavras-chave:** Linhas duplas. Espaçamento. Arranjo populacional.

## ABSTRACT

The productivity of corn crops depends on the cultivars, the environment, cultural management and their interactions. The population arrangement of plants in corn crops is a type of cultural management that can be an opportunity to increase grain productivity with the same operational costs. However, this population arrangement combined with the increase in plant population/ha can further increase grain productivity to an optimum. The combination of plant population arrangements can be beneficial when production factors such as water, light and nutrients are limiting. Thus, the objective of the project was to evaluate productivity in corn cultivation by arranging single and twin lines with different populations of plants in early and late sowing in the second harvest. The experiments were carried out in Western Paraná, sown in February and March, respectively favorable and unfavorable for high yields. The cultivar used was P3282VYH. The treatments were a combination of single and twin lines spaced 0.50 m and 0.50 m x 1 m with populations of 50, 55 and 60 thousand plants/ha. The experimental design used was randomized blocks in a factorial scheme. Each plot was composed of nine lines and was 5 meters long. The types of lines, populations and their interaction were significant. In the population of 60 thousand plants/ha, grain productivity was always higher in the twin lines. The single lines were better or equal to the twin lines for populations of 50 and 55 thousand plants/ha. In the twin lines, productivity increased linearly with plant populations for both sowings. In single lines, productivity decreased linearly with plant populations for sowing in February and was not significant for sowing in March. It is concluded that the arrangement of twin lines favors increased productivity in relation to single lines as the plant population increases; the arrangement of the twin lines with the increase in plant population favors increased productivity in favorable or unfavorable climatic conditions; The arrangement of single rows with an increase in plant population reduces or does not increase corn grain productivity in limiting climatic conditions.

**Keywords:** Twin lines. Spacing. Population arrangement.

## SUMÁRIO

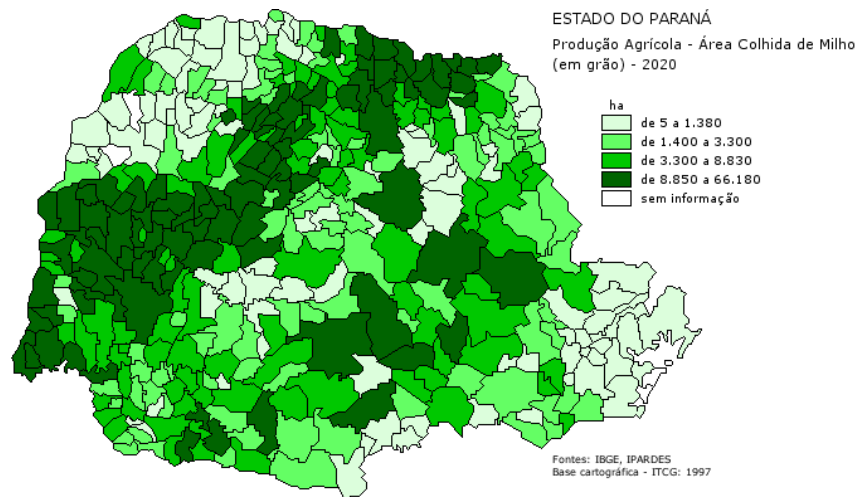
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO	18
2.2 MILHO	18
2.3 ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DE SEMEADURA	20
2.4 POPULAÇÃO DE PLANTAS	22
<b>3 MÉTODOS</b>	<b>24</b>
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>25</b>
<b>5 DISCUSSÕES</b>	<b>34</b>
5.1. CLIMA E PRODUTIVIDADE	34
5.2. TIPOS DE LINHAS E POPULAÇÃO DE PLANTAS	42
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho segunda safra, safra de inverno ou “milho safrinha”, como ficou popularmente conhecido, começou a ser realizado na safra agrícola 1984 e se caracterizava no início da prática com baixas produtividades em relação a safra de verão semeada em setembro ou outubro no Paraná (FRANCO et al., 2013). No Oeste do Paraná, a semeadura do milho segunda safra é realizada em janeiro ou fevereiro e se caracteriza pelas maiores áreas e produções no Paraná (Figura 1 e 2).

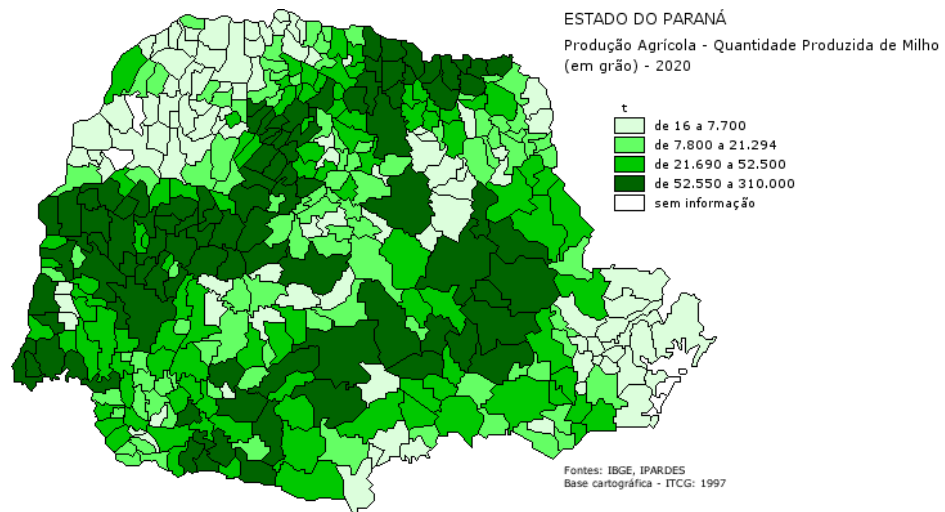
Figura 1. Área de produção de milho em grãos colhida na segunda safra no Estado do Paraná em 2020.



A principal limitação climática que influi negativamente na produtividade do milho segunda safra paranaense é o déficit hídrico no período vegetativo, pré-floração e enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al, 2006; MIRANDA et al., 2021). Nos últimos anos, no Oeste do Paraná, não tem ocorrido o frio intenso que era outra limitação no início do século para limitar a alta produtividade na região. O frio intenso na forma de geada afeta o metabolismo da planta causando a ruptura da parede celular (Larcher,

2000) e reduz a irradiação solar reduzindo a alta taxa fotossintética do milho que é uma planta C4 (LANDAU et al, 2021).

Figura 2. Produção de milho em grãos na segunda safra nos municípios do Estado do Paraná em 2020.



O milho é uma gramínea que responde muito ao aumento da população de plantas/ha porque não perfilha ou compensa a ausência de plantas na lavoura variando de 30 a 90 mil plantas por hectare (ARGENTA et al. 2001). Além disso, diferentes arranjos de plantas para cultura do milho são importantes pois, estes podem aumentar ou diminuir a incidência de radiação solar e influenciar na área foliar com consequente efeito na produtividade, além de uma maior ou menor incidência de plantas daninhas (ARGENTA et al. 2001).

A escolha do arranjo populacional também está relacionada com a cultivar, a finalidade do uso dos grãos e a época da semeadura considerando se é milho de primeira ou segunda safra (ARGENTA et al. 2001). O arranjo de plantas é basicamente estabelecido pelo espaçamento entre linhas ou pela distribuição de plantas na linha (ARGENTA et al. 2001).

A produtividade de grãos do milho varia de acordo com a população de plantas, onde a cultivar DKB 234, no primeiro ano, obteve a maior produtividade com a densidade de 75 mil plantas/ha com espaçamento de 0,45 m entre linhas (KVITSCHAL et al., 2010). No segundo ano, a cultivar apresentou o aumento linear da produtividade atingindo o máximo com 90 mil plantas/ha também com o espaçamento de 0,45 m entre linhas.

Além do arranjo de plantas em linhas solteiras ou simples que é amplamente utilizado, há também o arranjo em linhas gêmeas ou duplas (“Twin Rows”), que consiste em uma forma de semeadura onde se aumenta a distância entre as linhas gêmeas causando o aumento da produtividade de grãos devido a diminuição da competição entre plantas das linhas (BALEN, 2013). Esse sistema está sendo utilizado há tempos no exterior, principalmente nos Estados Unidos da América, porém pouco pesquisado e divulgado no nosso País. O arranjo populacional de linhas gêmeas que tem sido divulgado no território brasileiro é com espaçamento de 0,45 m entre as linhas gêmeas e 0,90 m entre os pares de linhas gêmeas (0,45 m x 0,90 m) (GONZAGA, 2020).

O milho se adapta muito bem aos diferentes tipos de arranjo de plantas devido a baixa capacidade de perfilhamento do milho, a baixa plasticidade foliar e a posição separada das inflorescências masculina e feminina que concorrem pelos compostos resultantes da fotossíntese em períodos de seca (ANDRADE e SADRAS, 2003; SANGOI et al., 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade na cultura do milho pelo arranjo de linhas solteiras e gêmeas com diferentes populações de plantas em semeadura inicial e tardia na segunda safra.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

Nos últimos tempos, o milho é a maior cultura agrícola no mundo, tendo ultrapassado a faixa de 1 bilhão de toneladas e superado o trigo (USDA, 2021). O milho é a segunda maior cultura em termos de importância na produção agrícola brasileira, sendo superado apenas pela soja, a qual tem a liderança na produção de grãos no país (SENAR, 2016; CONAB, 2023). De acordo com as projeções, prevê-se que na safra 2023/2024 a produção atinja 119,4 milhões de toneladas, levando-se em conta as três safras do grão no território brasileiro (CONAB, 2023).

O aumento da importância comercial e produção do milho ocorreu pois se tornou o principal componente na alimentação de aves e suínos, além de desempenhar um papel estratégico na garantia da segurança alimentar da população brasileira nas últimas décadas. Atualmente, o Brasil ocupa a posição de segundo maior exportador global de milho, liderado pelos Estados Unidos da América (SENAR, 2016).

### 2.2 MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta da família Poaceae (LERAYER et al., 2006). A produtividade desta cultura é afetada pelas condições edafoclimáticas, pelas cultivares, as suas interações e o seu manejo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI-FILHO, 2007; MIRANDA et al., 2021a e b).

No território brasileiro, a produção de milho requer a acumulação de quantidades de unidades calóricas (UC) oriundas da radiação solar em cada estágio de crescimento e desenvolvimento (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). A unidade calórica é determinada somando a quantidade de calor necessária em cada estágio do ciclo da planta, desde o momento da sementeira até o estágio de florescimento masculino. A soma de calor é calculada com base nas temperaturas máximas e mínimas diárias,

onde 30°C é a temperatura máxima e 10°C é a temperatura mínima usada como referência para esse cálculo. No que diz respeito ao ciclo de desenvolvimento, de maneira geral, as cultivares de milho são classificadas pelas empresas produtoras de sementes em categorias que incluem normais, tardias, semiprecoces, precoces e superprecoces.

De acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático estabelecido para a cultura de milho, as cultivares são classificadas em três grupos com base em seu ciclo de desenvolvimento de acordo com UC:

Grupo I - requerem até 780 UC (cultivares precoces);

Grupo II - requerem entre 780 e 860 UC (cultivares de ciclo médio); e

Grupo III - requerem mais de 860 UC (cultivares de ciclo tardio) (EMBRAPA, 2015).

Com o objetivo de tornar mais prático o manuseio e a pesquisa, e visando estabelecer conexões entre os aspectos fisiológicos, climáticos, genéticos, relacionados a pragas e doenças fitopatológicas e técnicos da cultura, foi realizado o desdobramento do ciclo de desenvolvimento do milho em diferentes estádios (FANCELLI, 2015).

O primeiro estágio denominado V0 é onde se desencadeia o processo germinativo e também começa a se desenvolver a raiz primária que se alonga e emite raízes seminais, as quais duram apenas de 8 a 12 dias. As raízes verdadeiras do milho, também chamadas de raízes adventícias, somente apareceram entre 8 a 15 dias após a emergência (DAE).

Em condições de ambientes favoráveis à emergência da plântula (VE) ocorre entre 6 a 10 dias após a sementeira. Outro estágio importante é denominado V4 que geralmente ocorre de 12 a 20 DAE e pode ser identificado com o surgimento completo da quarta folha. Em razão da região meristemática ainda estar abaixo da superfície do solo, a ocorrência de geada ou granizo resulta em apenas uma pequena redução na produção final. É neste estágio também que ocorre a definição do potencial produtivo da cultura.

O estágio V8 inicia em torno de um mês após a emergência, onde se caracteriza pelo aumento do diâmetro do colmo tanto em comprimento quanto em diâmetro e define o número total de fileiras da espiga e é caracterizado por oito folhas

completamente desenvolvidas. Neste estágio, a ocorrência de granizo, geada ou a alta incidência de pragas podem acarretar danos de 25%.

Em torno de 6 ou 7 semanas após a emergência inicia o estágio V12, onde a planta terá desenvolvido de 85% a 90% de sua área foliar total. Este estágio é caracterizado pelo surgimento das raízes adventícias aéreas e confirma o potencial produtivo de acordo com a disponibilidade de água e nutrientes.

O estágio VT está relacionado ao aparecimento do pendão e ocorre nas oitavas ou nona semanas após a emergência, e começa com o crescimento dos estilos estigmas, ou “cabelo” do milho. Nesta etapa, granizo, geada e infestações de pragas diminuem significativamente a produção.

No estágio seguinte R1 ocorre o florescimento e a polinização nas nona e décima semanas após a emergência. É nesse estágio que a espiga apresenta seus estilos estigmas, denominado popularmente como “boneca” do milho e que ocorre a polinização cruzada que pode se estender por até 10 dias.

Posteriormente a planta entra no estágio R2, ou grão bolha, ocorrendo entre 12 e 18 dias após a fecundação. Em torno de quatro semanas após a emissão dos estilo-estigmas, a planta entra em estágio R3, denominado leitoso. Em R4, grão pastoso, estágio primordial no ganho da massa de grãos, cerca de 40 dias após o aparecimento dos estilo-estigmas. Em R5, grão farináceo, os grãos começam a transição de leitoso para uma consistência mais endurecida e pode-se constatar a acentuada perda de água por parte da planta. Em R6, ocorre a maturação fisiológica dos grãos, onde surge a camada preta e após este, a colheita ocorre quando os grãos apresentarem umidade entre 25% e 18% (FANCELLI, 2015).

### 2.3 ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DE SEMEADURA

Tradicionalmente as lavouras de milho possuíam linhas de plantas com espaçamento de 1,0 m na década de 80 e foi reduzindo gradativamente para 0,45-0,50 m (GALVÃO et al., 2014; MIRANDA et al., 2021a e b). Ao reduzir a distância entre as linhas de plantas de milho, pode-se aumentar a densidade de plantas, o que pode aumentar a produtividade. No entanto, outras consequências podem acontecer com a

redução do espaçamento como o aumento do atrito entre as plantas e a formação de microclimas desfavoráveis para a manutenção da sanidade das plantas (Souza et al., 2019).

No cenário atual, a variação no espaçamento entre as linhas utilizadas nas lavouras brasileiras continua sendo considerável. Durante muitos anos, manteve-se o espaçamento de 1 metro entre as linhas, devido às limitações relacionadas ao tamanho dos equipamentos agrícolas e de seus ajustes, que eram restritos, bem como à utilização da tração animal como a principal fonte de trabalho para realizar as tarefas no campo (GALVÃO et al., 2014). No entanto, inúmeros estudos têm indicado as vantagens de adotar espaçamentos menores entre fileiras de plantio do milho, visto que resultam em maior produtividade e fechamento mais rápido da área pela cobertura vegetal da lavoura (HOFFMANN et al., 2015). A diminuição do espaçamento entre as linhas de semeadura do milho possibilita o uso da mesma semeadora, sem a necessidade de ajustes no espaçamento entre as linhas, para realizar a semeadura de outras culturas, como soja, sorgo, feijão e outras (ZOZ et al., 2019).

As linhas gêmeas estão sendo indicadas como uma estratégia para aumentar a produtividade do milho, devido a maior captura de radiação fotossinteticamente ativa (NOVACEK et al., 2013). O método *Twin-row*, ou linhas gêmeas, é uma estratégia de espaçamento das plantas projetada para aumentar a distância entre elas a fim de aumentar a produtividade, reduzindo a competição entre as plantas na linha e uma melhor distribuição de plantas com espaçamento mais uniforme em comparação com o plantio em linhas convencionais ou solteiras (BALEM, 2013).

Em estudos conduzidos por Cox et al. (2006) e citados por (BALEM, 2013) constatou-se que a produtividade de grãos de milho foi superior no arranjo com linhas gêmeas se comparado com o arranjo em linhas solteiras. Os autores atribuíram tal resultado devido ao fechamento mais rápido da área entre linhas, o que possibilitou a maior captação da radiação solar e, como consequência, o aumento na quantidade de fotoassimilados presentes nas plantas.

Segundo a empresa americana Great Plains (2012), a semeadura de milho em linhas gêmeas proporcionou produtividades que variaram entre 370 a 1500 kg por hectare a mais em relação à semeadura de linhas solteiras.

Também nos EUA, foi constatado um aumento de 12,5% na produtividade de grãos ao usar o arranjo de linhas gêmeas em comparação com o arranjo de linhas solteiras (JONES, 2018). Esse aumento de produtividade foi consistente em duas safras. Além disso, o autor observou que, por meio de avaliação visual, as plantas no espaçamento de linhas gêmeas demonstraram sofrer menos com os efeitos do estresse da seca. Isso levou à conclusão de que esse arranjo de plantas proporciona maiores produtividades, pois melhora a eficiência no uso da água e promove um crescimento mais rápido da planta.

## 2.4 POPULAÇÃO DE PLANTAS

O aumento da população de plantas em milho exerce influência sobre a massa individual das plantas, resultando na diminuição da matéria seca individual, especialmente no colmo, devido à competição entre as plantas pelos recursos do ambiente. Isso sugere que as plantas se tornam mais propensas a quebrar ou tombar à medida que a população de plantas aumenta e conseqüentemente tendo uma menor produtividade. A população de plantas é uma das práticas agrícolas que exerce uma das maiores influências sobre a produtividade de grãos de milho, devido à sua limitada capacidade de produzir perfilhos, à sua estrutura floral monóica e ao curto período de florescimento (SILVA et al, 2006).

O aumento da população de plantas na semeadura pode resultar na redução do tamanho da espiga, mas, ao mesmo tempo, gera uma compensação na produtividade devido ao acréscimo de plantas em uma determinada área. No entanto, o excesso de plantas intensifica a competição entre elas (PEREIRA FILHO et al., 2000). Outro aspecto a ser considerado na modificação da população de plantas é o maior fornecimento de nutrientes para a cultura, dada a elevada demanda de milho por uma fertilidade adequada do solo (BÜLL, 1993).

O aumento na população de plantas é uma estratégia para otimizar a captação da radiação solar. No entanto, também pode resultar na diminuição da atividade fotossintética da cultura e na sua eficiência na conversão de fotoassimilados em



produção de grãos. Isso pode levar a um maior intervalo entre o florescimento masculino e feminino e à redução do número de grãos por espiga (SANGOI et al., 2006).

Em semeaduras realizadas no início do período de chuvas, pode ser necessário utilizar maiores densidades de plantas como uma estratégia para compensar o menor desenvolvimento vegetativo das plantas, devido à menor disponibilidade de calor e radiação solar durante o período vegetativo em latitudes maiores (PIANA et al., 2008). Por outro lado em semeaduras realizadas tardiamente, a utilização de altas densidades de plantas podem não ser um manejo cultural adequado, uma vez que ela pode aumentar a incidência de doenças foliares e grãos ardidos, além de favorecer o tombamento das plantas principalmente em segunda safra (CASA et al., 2007).

A população de plantas que se recomenda para as cultivares varia de 40 mil plantas/ha a 80 mil plantas/ha (GALVÃO et al., 2014; REVISTA CULTIVAR, 2016). Quando se adota altas populações de plantas na semeadura, os espaçamentos de 0,80 m a 1 m resultam em um número muito elevado de plantas por metro linear, intensificando a competição por água, luz e nutrientes, o que limita o suprimento de carboidratos para a produção de grãos. Nessas circunstâncias, os benefícios da redução do espaçamento entre as linhas de semeadura tornam-se ainda mais evidentes (SANGOI et al., 2006).

A escolha entre adotar o limite inferior ou superior da população de plantas depende de vários fatores, incluindo a disponibilidade de água e nutrientes, bem como o nível de tecnologia aplicado no estabelecimento e manejo da lavoura de milho. Em situações de restrições hídricas e nutricionais, é aconselhável reduzir a densidade de plantas (EMYGDIO e TEIXEIRA, 2008). Assim, o arranjo de plantas ideal é aquele que permite uma distribuição uniforme e reduz a competição entre as plantas. Além disso, ele deve oferecer uma maior capacidade de competição para a cultura em situações de interferência de plantas daninhas, escassez de água, luz, nutrientes, entre outros fatores (REVISTA CULTIVAR, 2016).

### 3 MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados nos municípios de Santa Helena e Missal, Paraná, com semeaduras em fevereiro e março de 2023. Em Santa Helena, o experimento foi conduzido na Área Experimental do Câmpus da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR). As coordenadas geográficas 24° 51' 51" S e 54° 19' 49" W. O solo da área foi classificado como Nitossolo Vermelho Latossólico de textura argilosa, com as seguintes características na camada 0-0,20 m: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,2; Al trocável (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 0,17; Ca+Mg (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 6,10; P (mg dm<sup>-3</sup>) = 8,35; K (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 0,26; matéria orgânica = 3,2%; V (%) = 59,77; soma de bases (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 6,36; CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 10,64. Em Missal, o experimento estava localizado nas coordenadas geográficas 25° 07' 34,3" S e 54°14' 58,5" W. O solo da área foi classificado como sendo Nitossolo Vermelho Latossólico de textura argilosa, com as seguintes características na camada 0-0,20 m: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,32; Al trocável (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 0,05; Ca+Mg (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 6,37; P (mg dm<sup>-3</sup>) = 22,08; K (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 0,46; matéria orgânica (g dm<sup>-3</sup>) = 35,50; V (%) = 53,76; soma de bases (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 6,83; CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 12,74.

O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen é o subtropical úmido segundo IAPAR (1994). Nesta mesorregião, apresenta variações significativas de precipitação (1400 a 2000 mm/ ano) e temperatura média (21 a 23 °C). As condições climáticas são subtropical úmida, com verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas em todos os meses do ano.

Em ambas as localidades, os experimentos possuíam o delineamento experimental em blocos casualizados com os tratamentos em arranjo fatorial entre três populações de plantas x dois tipos de linhas de semeadura. As populações de plantas foram 50, 55 e 60 mil plantas/ha e as linhas de semeadura solteiras com espaçamento de 0,50 m e as gêmeas com (0,50 x 1,00). Então nas linhas gêmeas, estas estavam espaçadas entre elas de 0,50 m e em relação a outra linha dupla, um metro. Cada experimento possuía quatro repetições e as parcelas foram constituídas de nove linhas com comprimento de 5 metros com a cultivar P3282VYH, a qual tem ciclo

superprecoce, grãos do tipo duro amarelo-alaranjado, elevado potencial produtivo, excelente qualidade de colmo e raiz e boa sanidade foliar.

As semeaduras foram realizadas no dia 08 de fevereiro de 2023 em Santa Helena e no dia 08 de março de 2023 em Missal, PR. A semeadura foi realizada com semeadora para o estande mais alto e desbastado de acordo com os tratamentos. Foi utilizado 242 kg/ha de adubação a base de nitrogênio, fósforo e potássio no grânulo com a formulação 10-14-14.

Após a emergência foi avaliado o estande de plantas e foram realizados os seguintes tratamentos culturais durante o ciclo da cultura: uma aplicação de herbicida, quatro aplicações de inseticida e duas aplicações de fungicida.

Duas linhas de cada parcela foram colhidas manualmente e trilhadas mecanicamente de acordo com o tipo de linhas de plantas para a avaliação da produtividade em kg/ha e posteriormente, medida a umidade dos grãos e corrigido para 13%.

Inicialmente foi verificado a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro Wilks. Posteriormente, foram realizadas a análise de variância e seus desdobramentos quando a interação foi significativa, o teste de F e a comparação de médias utilizando o pacote ExpDes.pt do software R (R CORE TEAM, 2021). As análises de variância foram desdobradas de acordo com a significância da interação populações de plantas x tipos de linhas. Por ser uma característica quantitativa, para a população de plantas foi realizada a análise de variância da regressão e o ajuste para equação linear. Todas estimativas dos parâmetros das equações de regressão foram avaliados pelo teste de t.

## 4 RESULTADOS

### 4.1. Semeadura tardia do experimento.

As análises estatísticas foram realizadas após o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância demonstrando que os resíduos podiam ser considerados normais para produtividade de grãos. O coeficiente de variação experimental foi de 7,7% considerado baixo (Fritsche-Neto et al. 2012).

Na análise de variância, os tipos de linhas (solteiras e gêmeas), as populações de plantas (50, 55 e 60 mil/ha) e a interação tipos de linhas x populações foram significativas (Tabela 1).

Tabela 1: Análise de variância da produtividade de grãos para tipos de linhas e populações de plantas em semeadura tardia em Missal, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	557.817	185.939	
Tipos de Linhas (L)	1	3.713.067	3.713.067	7,95**
Populações (P)	2	3.768.977	1,884.488	4,04*
L x P	2	2.401.784	1.200.892	2,57*
Resíduo	15	7.003.259	466.884	

\* Significativo pelo teste de F a 5%; \*\* Significativo pelo teste de F a 10%.

No desdobramento da análise de variância, devido a interação tipos de linhas e populações ter sido significativo, para a população de 50 mil plantas/ha, os arranjos populacionais com linhas solteiras e gêmeas apresentaram a produtividade de grãos de milho semelhantes (Tabela 2). Por sua vez, para as populações de 55 e 60 mil/ha, a produtividade de grãos foi diferente entre os tipos de linhas.

Tabela 2: Análise de variância com desdobramento de linhas solteiras ou gêmeas para cada população da produtividade de grãos em semeadura tardia em Missal, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	557.816	185.939	
Populações (P)	2	3.768.977	1.884.488	
Linhas: Pop. 50	1	9.940	9.940	0,02ns
Linhas: Pop. 55	1	1.972.098	1.972.098	4,22*
Linhas: Pop. 60	1	4.132.812	4.132.812	8,85**
Resíduo	15	7.003.258	466.884	
Total	23	1.744.903	758.474	

\* Significativo pelo teste de F a 5%; \*\* Significativo pelo teste de F a 10%; ns Não significativo pelo teste de F.

As médias de produtividade de grãos da cultivar P3282 VYH com linhas solteiras e gêmeas para 50 mil plantas/ha foi de 8.500 kg/ha (Tabela 3). Para 55 mil plantas/ha, nas linhas gêmeas, a produtividade foi de 9.015 kg/ha e nas solteiras, 8.022 kg/ha, mostrando o aumento de 12,4%. Para 60 mil plantas/ha, nas linhas gêmeas, a produtividade foi de 10.069 kg/ha e nas solteiras, 8.631 kg/ha, mostrando o aumento de 16,7%. Com as maiores populações de plantas, a produtividade foi sempre maior do que em 50 mil/ha correspondendo a 12% de aumento para linhas gêmeas e 7% para as linhas solteiras.

Tabela 3: Médias de produtividade de grãos (kg/ha) da cultivar P3282 VYH com linhas solteiras e gêmeas e três populações de plantas semeado em semeadura tardia em Missal, PR.

	População de plantas		
	50 mil	55 mil	60 mil
Linhas solteiras	8536 a*	8022 b	8631 b
Linhas gêmeas	8465 a	9015 a	10069 a
Médias	8500	-	-

\* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, são semelhantes pelo teste de F a 5%.

No desdobramento da análise de variância para comparar as populações de plantas em cada tipo de linhas, para as linhas solteiras, a população de plantas não interferiu na produtividade de grãos mas para linhas gêmeas, a população de plantas afetou significativamente a produtividade (Tabela 4).

Tabela 4: Análise de variância com o desdobramento de população de plantas para linhas solteiras e gêmeas da produtividade de grãos em Missal, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	557.817	185.939	
Tipos de Linhas (L)	1	3.713.067	3.713.067	7,95**
População: Linhas Solt	2	858.993	429.497	0,91ns
População: Linhas Gêm	2	5.311.768	2.655.884	5,68*
Resíduo	15	7.003.259	466.884	
Total	23	17.444.904	758.474	

\* Significativo pelo teste de F a 5%; \*\* Significativo pelo teste de F a 10%.

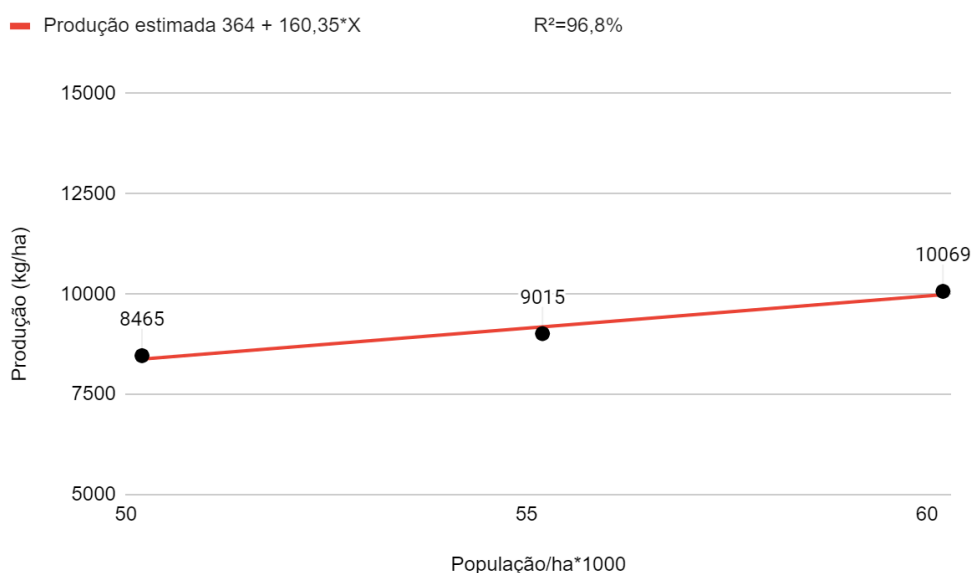
Devido a significância de população dentro de linhas gêmeas no desdobramento da análise de regressão, foi realizado a análise de variância da regressão que foi significativa para o ajuste da equação linear e não significativa para os desvios da regressão (Tabela 5). A equação linear apresentou  $R^2$  de aproximadamente 97% demonstrando que a medida que se aumenta a população em linhas gêmeas mais se aumenta a produtividade de grãos (Figura 1).

Tabela 5: Análise de variância da regressão linear para produtividade de grãos das populações em linhas gêmeas em semeadura tardia em Missal, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Efeito Linear	1	5.142.425	5.142.425	11,01*
Desvio de Regressão	1	169.344	169.344	0,36ns
População: Linhas Gêm	(2)	( 5.311.768)	( 2.655.884)	5,68*
Resíduos	15	7.003.259	466.883	

\* Significativo pelo teste de F a 1%; ns: não significativo pelo teste de F a 10%.

Figura 1: Produtividade de grãos (kg/ha) em função das populações de plantas/ha para linhas gêmeas



#### 4.2. Semeadura precoce do experimento

As análises estatísticas foram realizadas após o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância demonstrando que os resíduos podem ser considerados normais para produtividade de grãos. O coeficiente de variação experimental foi de 8,1% considerado baixo (Fritsche-Neto et al. 2012).

Na análise de variância, os tipos de linhas, a interação tipos de linhas x populações foram significativas (Tabela 6).

Tabela 6: Análise de variância da produtividade de grãos para tipos de linhas e populações de plantas em semeadura precoce em Santa Helena, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	5.257.704	2.628.852	
Tipos de Linhas (L)	1	3.923.734	3.923.734	5,49*
Populações (P)	2	3.254.387	1.627.193	2,28ns
L x P	2	56.331.710	28.165.855	39,45*
Resíduo	10	7.137.955	713.795	

\* Significativo pelo teste de F a 5%; ns não significativo pelo teste de F a 5%

Devido a significância da interação tipos de linhas x populações de plantas, para as populações de 50, 55 e 60 mil plantas/ha, os arranjos populacionais com linhas solteiras e gêmeas apresentaram a produtividade de grãos de milho diferentes estaticamente (Tabela 7).

A média de produtividade de grãos da cultivar P3282 VYH com linhas solteiras foi superior em relação às linhas gêmeas para 50 mil plantas/ha com aumento de 27% (Tabela 8). Para 55 mil plantas/ha, nas linhas gêmeas, a produtividade foi de 8.012 kg/ha e nas solteiras, 11.541 kg/ha, mostrando aumento de 44%. Para 60 mil plantas/ha, nas linhas gêmeas, a produtividade foi de 12.474 kg/ha e nas solteiras, 8.406 kg/ha, mostrando o aumento de 48%.



Tabela 7: Análise de variância com desdobramento de linhas solteiras ou gêmeas para cada população da produtividade de grãos em semeadura precoce em Santa Helena, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	5.257.704	2.628.852	
Populações (Pop)	2	3.254.387	1.627.193	
Linhas: Pop. 50	1	16.740.081	16.740.080	23,45*
Linhas: Pop. 55	1	18.684.291	18.684.290	26,17*
Linhas: Pop. 60	1	24.831.073	24.831.072	34,78*
Resíduo	10	7.137.955	713.795	
Total	17		4.465.028	
		75.905.490		

\* Significativo pelo teste de F a 1%.

Tabela 8: Médias de produtividade de grãos (kg/ha) da cultivar P3282 VYH com linhas solteiras e gêmeas e três populações de plantas semeado em semeadura precoce em Santa Helena, PR

	População de plantas		
	50 mil	55 mil	60 mil
Linhas solteiras	12.473 a*	11.541 a	8.406 b
Linhas gêmeas	9.133 b	8.012 b	12.474 a

\* Médias seguidas por letra diferente, na coluna, são diferentes pelo teste de F a 1%.

No desdobramento das populações de plantas para cada população pode-se observar que as populações de plantas interferiram significativamente na produtividade de grãos tanto para linhas solteiras quanto para linhas gêmeas e de maneira diferenciada (Tabela 9).

Tabela 9: Análise de variância com o desdobramento de população de plantas para linhas solteiras e gêmeas da produtividade de grãos em semeadura precoce em Santa Helena, PR.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	525.770	262.885	
Tipos de Linhas (L)	1	3.923.734	3.923.734	5,49*
População: L. Solteiras	2	27.248.806	13.624.403	19,08*
População: L. Gêmeas	2	32.337.291	16.168.645	22,65*
Resíduo	10	7.137.955	713.795	
Total	17	75.905.490	758.474	

\* Significativo pelo teste de F a 5%; \*\* Significativo pelo teste de F a 10%; ns Não significativo pelo teste de F.

A análise de variância da regressão mostrou efeito significativo do ajuste da equação linear e não significância dos desvios da regressão tanto para linhas solteiras como gêmeas (Tabela 10).

Para linhas solteiras, a equação linear apresentou o  $R^2$  de 91% demonstrando que a medida que se aumenta a população em linhas solteiras mais se reduz a produtividade de grãos (Figura 2).

Para linhas gêmeas, a equação linear apresentou o  $R^2$  de 51,8% demonstrando que à medida que se aumenta a população em linhas gêmeas mais se aumenta a produtividade de grãos (Figura 3).

Tabela 10: Análise de variância da regressão linear para produtividade de grãos das populações em linhas gêmeas em semeadura precoce em Santa Helena.

FV	GL	SQ	QM	F
Efeito Linear	1	24.822.936	24.822.936	34,78*
Desvio de Regressão	1	2.425.870	2.425.870	3,4ns
Resíduos	10	7.137.955	713.795	

\* Significativo pelo teste de F a 1%; ns: não significativo pelo teste de F a 5%.

Figura 2: Gráfico da produtividade de grãos em função da população de plantas/ha para linhas solteiras em semeadura precoce em Santa Helena, PR.

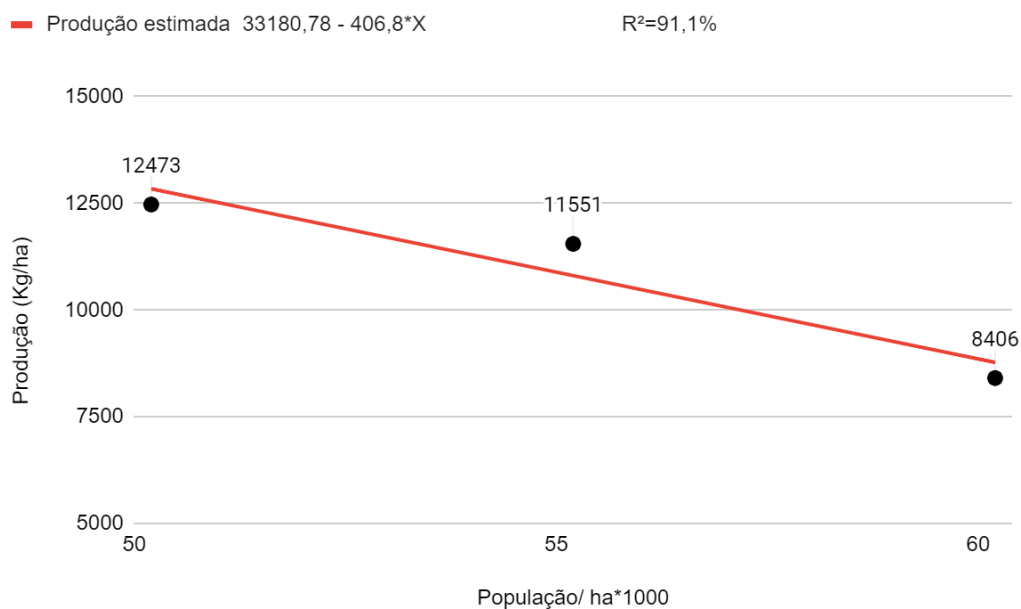
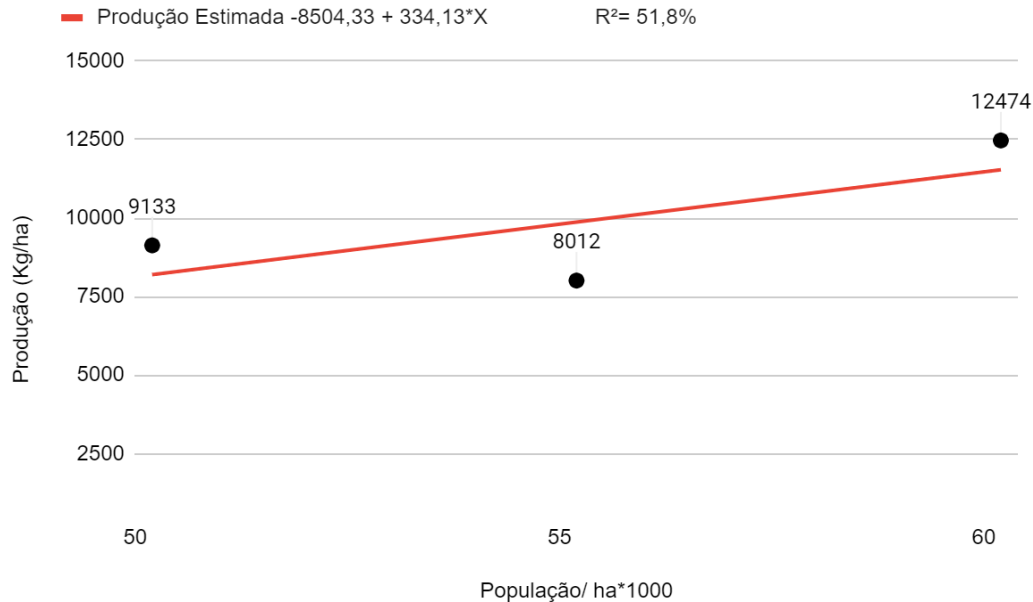


Figura 3: Gráfico da produtividade de grãos em função da população de plantas/ha para linhas gêmeas em semeadura precoce em Santa Helena, PR.



## 5 DISCUSSÕES

### 5.1. CLIMA E PRODUTIVIDADE

As produtividades de milho em semeadura de segunda safra são muito dependentes das condições climáticas e muitas vezes elas não são adequadas para atingir o potencial da cultura no oeste do Paraná. As condições climáticas que mais afetam a produtividade do milho são a pluviosidade total e a regularidade das precipitações de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, a capacidade de armazenamento de água pelo solo, a incidência de radiação solar e as temperaturas diárias máxima e mínima e a diferença delas entre o dia e a noite (EDMEADES et al., 1997; GALVÃO e MIRANDA, 2004; MIRANDA et al., 2021 a, b; SOUZA et al., 2023).

Para se reduzir riscos climáticos nos estádios críticos da cultura do milho segunda safra, mesmo com pequenas variações entre anos, após a colheita da soja, as épocas de semeadura mais indicadas para semeadura vão de 1º de janeiro a 10 de

março. De uma maneira geral, quanto mais tarde for realizada a semeadura, mais risco climático pode afetar a produtividade em decorrência das menores precipitações, limitações da radiação solar e baixas temperaturas em períodos críticos à cultura (PEDROTTI, 2014; MIRANDA, et al., 2021a, b; SOUZA et al., 2023).

Na região oeste do Paraná, os estágios de desenvolvimento do milho se estendem da emergência (VE) da planta até 4 folhas com colo visível (V4) em 20 dias, de V4 até V8 com folhas com colar visível (V8) mais 30 dias, pendoamento (VT) próximos 10 dias, florescimento (R1) e início de formação de grãos mais 10 dias (R2), grãos leitosos (R3) outros 10 dias, grãos pastoso (R4) mais 10 dias, grãos farináceos (R5) mais 15 dias e maturação fisiológica (R6) com outros 15 dias (MIRANDA et al. 2021a; SOUZA et al., 2023).

Com a semeadura tardia, em 8 de março, em Missal, PR, as produtividades de grãos variaram entre 8.500 kg/ha a 9.600 kg/ha consideradas muito boas para o manejo utilizado pelos agricultores da região mas ainda abaixo do potencial produtivo da região. Durante o desenvolvimento da lavoura, ocorreu boa precipitação após a semeadura e a emergência das plântulas (DAE) ocorreu 10 dias após a semeadura, considerado como o início da contagem dos estádios fenológicos da cultivar P3282VYH (Figura 4). Em todo o ciclo de desenvolvimento da planta, as precipitações foram de 50 a 66% inferiores para atingir o potencial produtivo máximo de uma lavoura porém com o solo muito argiloso com alta capacidade de armazenamento de água acima de 1,40 mm/cm (RIBEIRO, 2020) (Tabela 11; Figura 4). A água disponível no solo é  $AD \text{ (mm/cm)} = [(CC \text{ (capacidade de campo)} - PMP \text{ (ponto de murcha permanente)}) \times Ds \text{ (densidade do solo)}] / 10$  (KIEHL, 1979), com CC e PMP em percentagem (peso) e Ds em  $g/cm^3$ .

Por sua vez, as máximas e mínimas das temperaturas na região foram bem adequadas para o desenvolvimento do milho pois estavam poucas vezes acima de 30 graus e quando ocorreram foram nos primeiros 40 dias do desenvolvimento da planta mostrando-se bem adequado. No final do estágio vegetativo, pendoamento e estádios reprodutivos, as temperaturas máximas foram sempre menores que 30° C proporcionando menores evapotranspiração, que reduziram o impacto da baixa precipitação durante estes estádios (Figura 5). Ainda, as baixas temperaturas e até geadas que podem ocorrer durante os meses de inverno na região não ocorreram e

poucas vezes as temperaturas mínimas foram abaixo de 15 graus e apenas quatro vezes abaixo de 10 graus, limite inferior do desenvolvimento da planta de milho (Figura 5).

A temperatura é um fator muito importante para o desenvolvimento do milho. O ideal é estar em torno de 25 °C e 30 °C durante o dia e com noites frias, em torno de 16 °C e 19 °C (Embrapa, 2021). Para quantificar, as temperaturas no desenvolvimento da planta de milho, se utiliza um parâmetro, o grau dias (GD) baseado nas temperaturas máximas e mínimas diárias (Embrapa, 2021). Os grau dias pressupõem a existência de uma temperatura-base inferior (10° C) e uma temperatura-base superior (30° C) no qual abaixo ou acima delas, respectivamente, a planta de milho não se desenvolve. Cada grau de temperatura entre esse intervalo é um grau dia.  $GD = \{(T + t)/2\} - 10$ ; T: Temperatura máxima; t: Temperatura mínima. Assim, as cultivares de milho são classificadas em superprecoce, com soma térmica menor que 825 graus dias (GD), precoce entre 830 a 900 GD e normal acima de 900 GD para o florescimento masculino (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). Essa classificação é muito adequada para as lavouras da safra de verão no Brasil Central, porém pode ser mais dimensionada devido aos novos híbridos de milho no mercado com mais uma classe como superprecoce menor que 810 graus dias, precoce até 840 graus-dias, semiprecoce até 900 e as normais acima de 900 graus dias (CRUZ et al, 2008). Para a segunda safra do milho, uma nova classe pode ser acrescida com as cultivares hiperprecoces com menos de 780 graus dias e a superprecoce com cultivares de 780 até 820 dias, como utilizando no zoneamento agrícola de risco climático.

Desta maneira, os grau dias foram ótimos, praticamente 10-15 UC/dia em todo o desenvolvimento das plantas da lavoura até o florescimento, alcançando o valor abaixo de 780 GD, considerando o P3282 VYR, hiperprecoce. Na região oeste do Paraná, as temperaturas máximas e mínimas para a semeadura da segunda safra em milho podem ser consideradas ótimas pelos grau dias máximos para o desenvolvimento das plantas.

Na semeadura precoce, considerada na melhor época de semeadura e com menores riscos de perdas por causas climáticas, as produtividades foram de 9,0 até 12,5 t/ha bem superiores à semeadura tardia correspondendo ao aumento de 6% no

limite inferior e 23% no limite superior. Isto mostra também que o manejo otimizado é um importante fator da diferença entre o potencial produtivo das lavouras e aquela alcançada pelos agricultores que foi estimado na região de 49 a 54% sem limitação hídrica (Ribeiro et al. 2020)

As plântulas emergiram com cinco dias após a semeadura (DAS) e até o estágio V4, a precipitação foi adequada e devido ao acúmulo de água no solo argiloso com capacidade de armazenamento semelhante a semeadura tardia (Tabela 11). No final do estágio vegetativo, a precipitação foi menor do que o adequado, porém com o acumulado no solo as plantas apresentaram um desenvolvimento bom porém não excelente (Figura 6). No florescimento, estágio crítico quanto a necessidade de água, houve pouca precipitação prejudicando a fecundação e formação de grãos (Figura 6). No enchimento de grãos (R3), a precipitação foi adequada, porém, nos estádios seguintes a precipitação não atingiu sequer a metade do requerido pela planta. Nesta semeadura precoce, a precipitação foi próxima da ideal nos estádios vegetativos e deficitária nos estádios reprodutivos.

Por sua vez, as máximas das temperaturas na região foram bem adequadas para o desenvolvimento do milho pois estavam poucas vezes acima de 30 graus que quando ocorreram foi até o florescimento. As temperaturas mínimas ocorreram quase sempre acima dos 15 graus e apenas oito dias não sequenciais abaixo dos 10 graus, limite inferior do desenvolvimento da planta de milho (Figura 7).

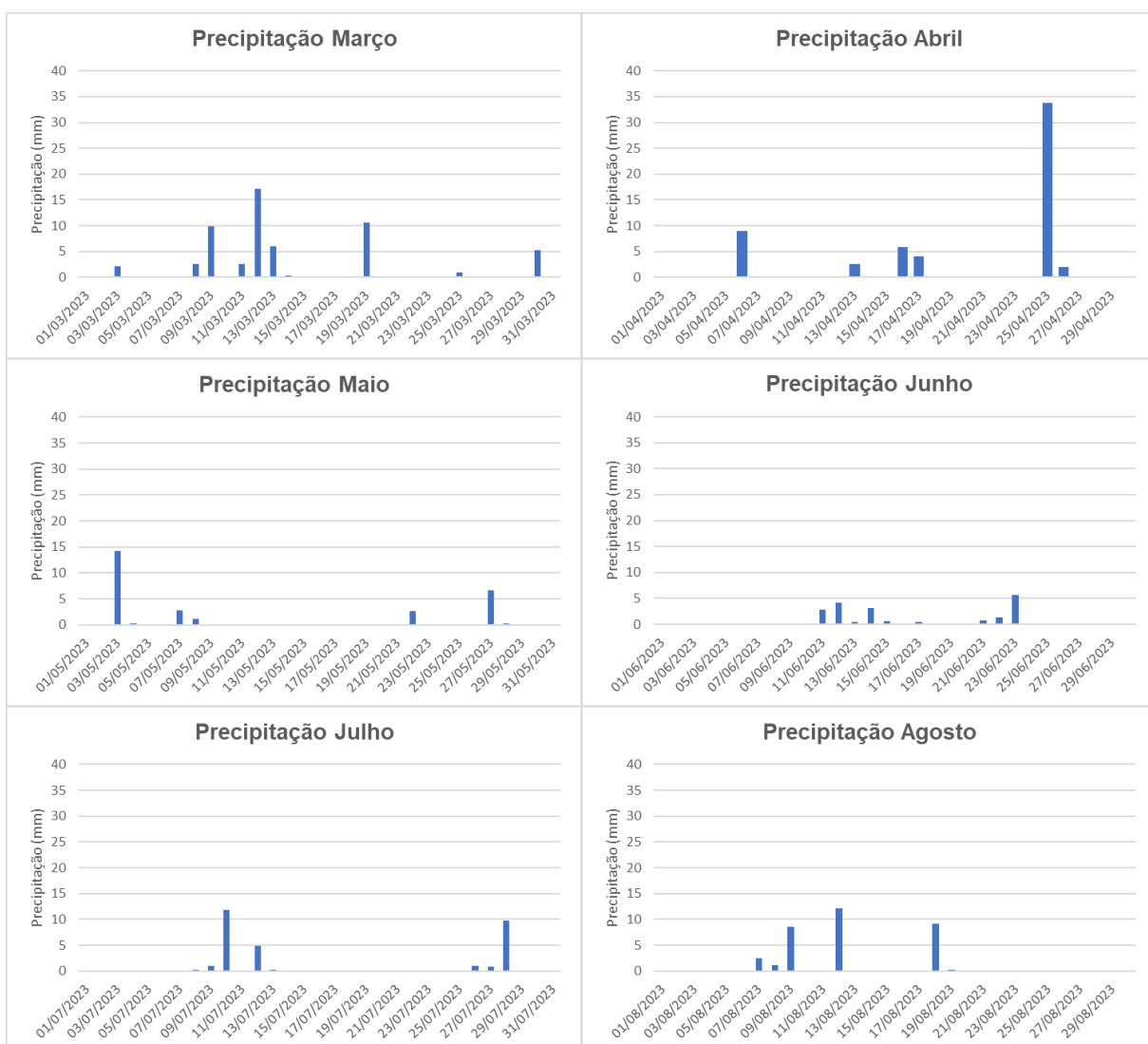
Tradicionalmente é reconhecido que em semeaduras tardias do milho pode-se obter produtividades até 50% inferiores em relação às semeaduras em épocas adequadas (UATE, 2013). Isto somente ocorre quando as semeaduras são realizadas com aumento de risco para 40% ou fora do recomendado pelo zoneamento de risco agroclimático. Assim, na previsão de riscos de produtividade pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o município de Missal, a semeadura até 10 de março representava risco de 30%, o que ocorreu parcialmente devido a irregularidade das chuvas, mas mitigado pelo manejo cultural proporcionando boas produtividades (ZARC, 2022).

Tabela 11: Precipitação (mm) acumulado nos estádios de desenvolvimento de planta na emergência, vegetativo (V4), vegetativo (V8), florescimento (VT), início de formação de grãos (R1 e R2), grãos leitosos (R3), grãos pastoso (R4), grãos farináceos (R5) e maturação fisiológica (R6) nas sementeiras precoce em Santa Helena, PR e tardia em Missal, PR

Estádios	Ideal	Sementeira Precoce	Déficit/ acumulado	Sementeira tardia	Déficit/ acumulado
VE	50	77	0 (+27)	41	-9
V4	80	100	0 (+20)	27	-62
V8	120	55	-18	65	-117
R1 e R2	70	10	-78	12	-175
R3	70	67	-81	0	-245
R4	70	20	-131	32	-283
R5	150	17	-264	47	-386
R6	60	27	-297	35	-411
Total	670	373		259	

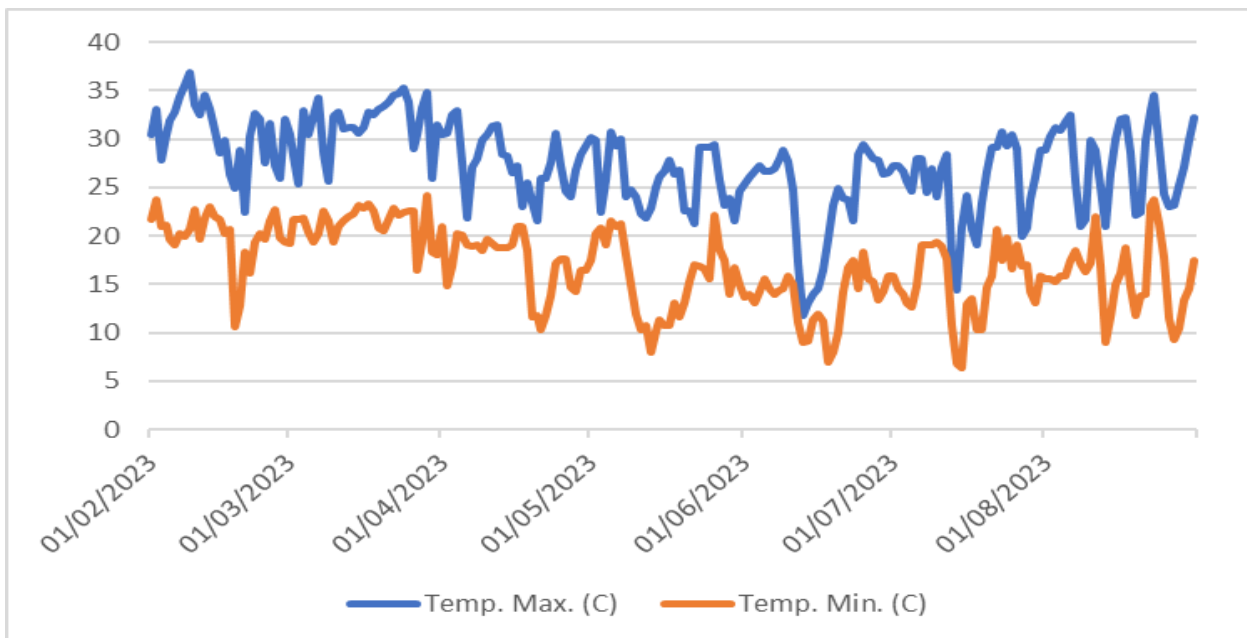


Figura 4: Precipitação mensal durante os meses de março a Agosto de 2023 em Missal, Paraná com a semeadura ocorrida em 10 de março



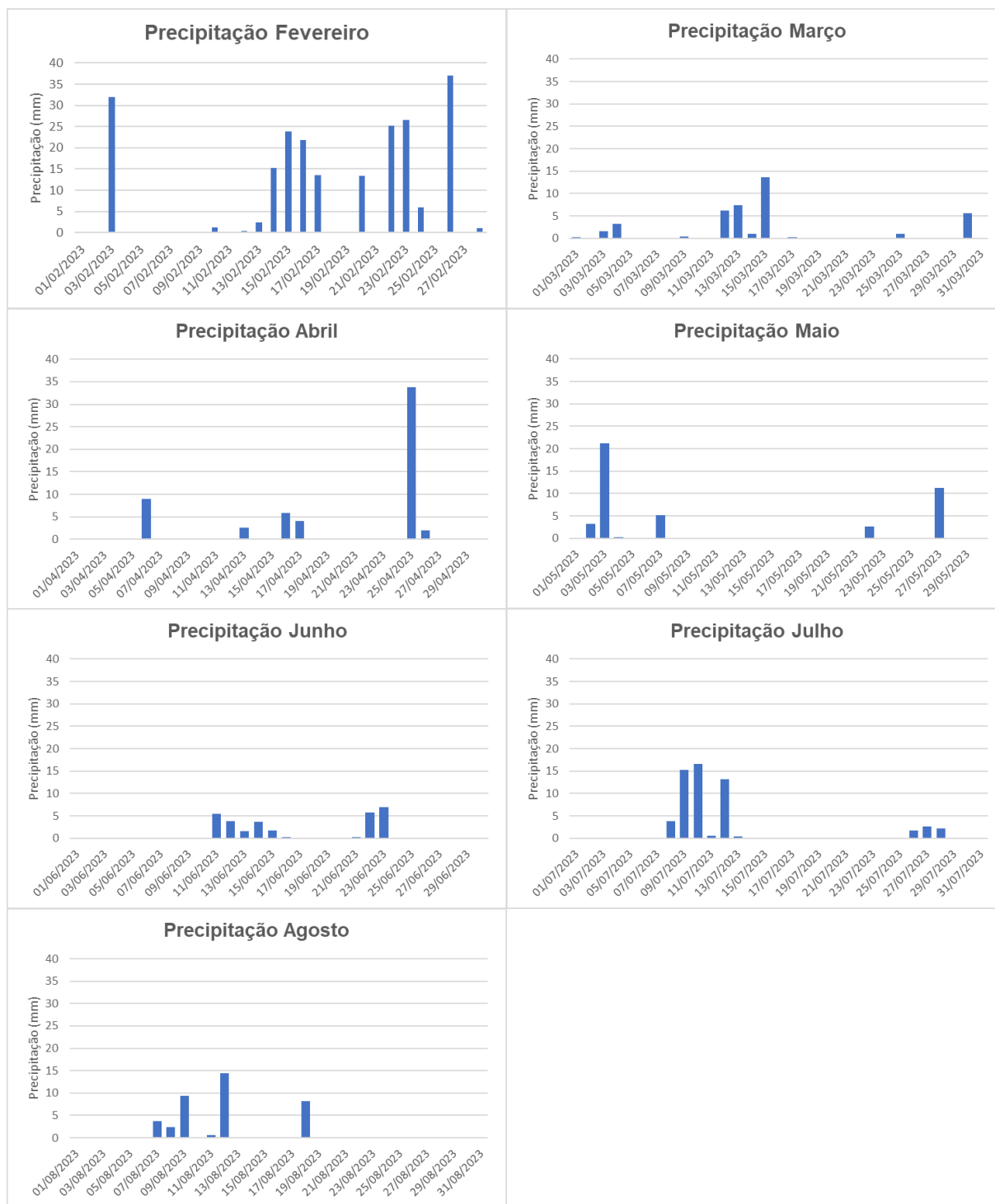
Fonte: INMET-SIMEPAR

Figura 5: Temperaturas Máximas e Mínimas em Missal durante os meses de março a Agosto de 2023 com a semeadura ocorrida em 10 de março



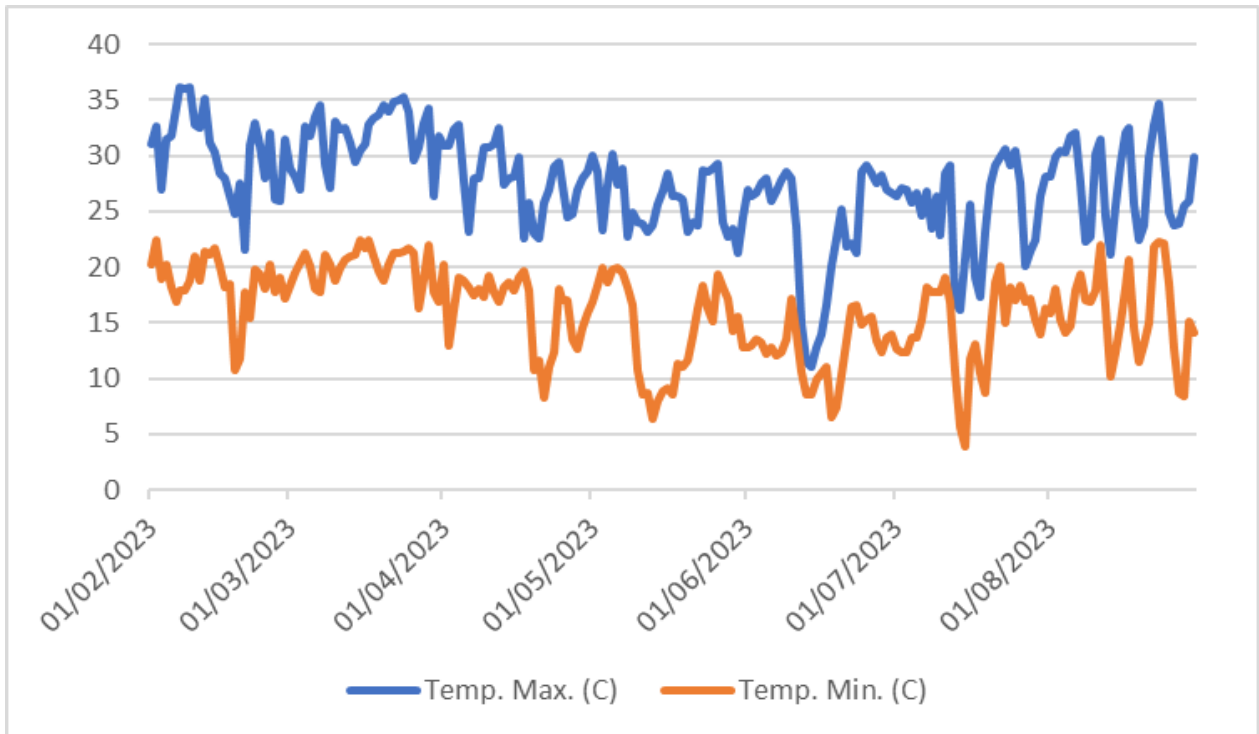
Fonte: INMET-SIMEPAR

Figura 6: Precipitação mensal em Santa Helena durante os meses de Fevereiro a Agosto de 2023 com a semeadura ocorrida em 8 de fevereiro



Fonte: INMET-SIMEPAR

Figura 7: Temperatura Máxima e Mínima em Santa Helena durante os meses de Fevereiro a Agosto de 2023 com a semeadura ocorrida em 8 de fevereiro



Fonte: INMET-SIMEPAR

## 5.2. TIPOS DE LINHAS E POPULAÇÃO DE PLANTAS

Nessas condições climáticas de limitação pluviométrica nos estádios vegetativos na semeadura precoce e em todo o ciclo na semeadura tardia, a disponibilidade de água no solo e temperaturas adequadas foram suficientes para alcançar boas produtividades. Neste cenário, os tipos de linhas e a interação tipos de linhas e populações foram significativas para ambas épocas de semeadura e populações somente foi significativa para semeadura tardia mostrando que o arranjo populacional ideal depende da população a ser utilizada e vice-versa e das condições climáticas.

Na semeadura tardia, as linhas solteiras foram iguais às linhas gêmeas para a população de 50 mil plantas/ha mostrando que o arranjo populacional não favoreceu a produtividade. Por sua vez, nas populações de 55 e 60 mil plantas/ha, a produtividade foi maior nas linhas gêmeas demonstrando que o arranjo populacional é benéfico mesmo em condições desfavoráveis causadas por déficit hídrico. Assim, o padrão adequado de recomendar menores populações de plantas em linhas solteiras em alto risco de déficit hídrico não é o que ocorre para o arranjo populacional de linhas gêmeas que são mais adequados para altas populações que proporcionam maiores produtividades e que proporcionaram incrementos de 11% para 55 mil plantas/ha e 14% para 60 mil plantas/ha.

As menores populações de plantas de milho não causam uma compensação produtiva entre plantas quando as condições climáticas são favoráveis, assim pode ocorrer a maior produtividade de grãos quando utilizado populações mais elevadas quando associadas com melhores condições ambientais e de manejo (SHIOGA et al., 2004).

Os resultados encontrados para linhas solteiras estão de acordo com a recomendação da empresa Corteva, detentora do híbrido de milho utilizado. As maiores populações de 60 a 65 plantas/ha em linhas solteiras são recomendadas nas primeiras semeaduras na segunda safra pelo menor risco de veranicos para a cultivar híbrida P3282VYH e as menores populações de 50 a 55 mil plantas/ha em semeaduras tardias (PIONEER, 2021).

Ainda, na semeadura tardia, as linhas solteiras não aumentaram a produtividade com o aumento populacional indicando que a utilização de menores populações é o mais adequado. Por sua vez, as linhas gêmeas apresentaram aumento significativo da produtividade em resposta linear demonstrando que qualquer aumento populacional aumenta a produtividade, sendo então o adequado. Este aumento foi de 16% na produtividade de 50 para 60 mil plantas/ha, sendo que a cada mil plantas, aumenta-se 1,6% ou 160 kg/ha a produtividade de grãos.

Outros trabalhos na literatura, também demonstraram a maior produtividade das lavouras de milho com linhas gêmeas com populações de 55 e 60 mil plantas/ha e

indicaram a possibilidade de aumentar o número de plantas por hectare utilizando o sistema de linhas gêmeas (BALEM, 2013).

O aumento de produtividade em linhas gêmeas se comparado ao arranjo em linhas solteiras pode ser atribuído em virtude de uma maior eficiência na interceptação da radiação e também pela redução da competição por água, luz e nutrientes entre as plantas (BALEM, 2013). Então, nas condições de limitação hídrica como ocorrido nos experimentos, a menor competição entre plantas no arranjo populacional de linhas gêmeas pela limitação de água devido a baixa precipitação pode explicar a superioridade dessas em relação às linhas solteiras.

Na semeadura precoce, no início das épocas de semeadura da segunda safra, os tipos de linhas, independentes da população, e a interação tipo de linhas x populações foram significativos mostrando que ao utilizar linhas gêmeas sempre é vantajoso, mas existe pelo menos uma população que apresenta maior produtividade. O desdobramento da análise de variância mostrou que para cada população, um dos tipos de linhas foi superior, sendo que nas populações de 50 e 55 mil/ha, as linhas solteiras foram superiores e na de 60 mil/ha, as linhas gêmeas. Aqui os resultados são semelhantes à semeadura tardia, indicando que as linhas solteiras são mais adequadas em menores populações com ponto de decisão de populações de 55 mil, sendo que abaixo deve-se utilizar linhas solteiras e acima linhas gêmeas.

Ainda na semeadura precoce, o estudo de populações de plantas em função dos tipos de linhas, indicou que para os dois tipos de linhas, a população altera a produtividade. No entanto, em linhas solteiras, a produtividade máxima é atingida na população de 50 mil plantas/ha e na medida que se aumenta, a produtividade é reduzida em 407 kg/ha a cada mil plantas. Nas linhas gêmeas, a máxima produtividade é atingida na população de 60 mil plantas/ha com aumento de 334 kg/ha a cada mil plantas. Aqui as linhas solteiras e gêmeas mostraram comportamentos opostos, enquanto as gêmeas aumentam a produtividade, as linhas solteiras diminuem com o aumento da população de plantas.

As magnitudes da redução da produtividade de grãos de milho nas semeaduras precoce e tardia foram diferentes, no entanto, em ambas deve ser utilizada a menor população para linhas solteiras. Nas linhas gêmeas, o aumento da população de

plantas aumentou a produtividade em quantidades diferentes a cada mil plantas, porém em ambas, as linhas gêmeas proporcionaram maiores produtividades na maior população.

Nos Estados Unidos da América, a semeadura de milho em linhas gêmeas obteve produtividade que variam entre 370 a 1500 kg/ha a mais em relação à semeadura de linhas solteiras (GREAT PLAINS, 2012). Também nos EUA, foi constatado um aumento de 12,5% na produtividade de grãos ao usar o arranjo de linhas gêmeas em comparação com o arranjo de linhas solteiras (JONES, 2018). Esse aumento de produtividade foi consistente em duas safras. Além disso, o autor observou que, por meio de avaliação visual, as plantas no espaçamento de linhas gêmeas demonstraram sofrer menos com os efeitos do estresse da seca. Isso levou à conclusão de que esse arranjo de plantas proporciona maiores produtividade, pois melhora a eficiência no uso da água e promove um crescimento mais rápido da planta.

## **6 CONCLUSÃO**

O arranjo das linhas gêmeas favorece o aumento da produtividade em relação às linhas solteiras à medida que aumenta a população de plantas;

O arranjo das linhas gêmeas com o aumento da população de plantas favorece o aumento da produtividade em condições climáticas favoráveis ou não;

O arranjo das linhas solteiras com o aumento da população de plantas reduz ou não aumenta a produtividade de grãos do milho em condições climáticas limitantes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. **Bases para el manejo del maiz, el girassol e la soja**. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003. 443 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, p. 1075–1084, dez. 2001.

BALEM, Z. **Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/528>. Acesso em 29 out. 2023.

BERGAMASCHI, H. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243–249, fev. 2006.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.63-146.

CASA ET AL. 2007. **Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de planta**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/gyxBRy6P8Hw5Y6C5PxXK9tD/?format=pdf>. Acesso em: 5 nov. 2023.

CONAB - **Primeiro levantamento da safra 2023/24 traz uma estimativa de produção de 317,5 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5211-primeiro-levantamento-da-safra-2023-24-traz-uma-estimativa-de-producao-de-317-5-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 7 nov. 2023.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; QUEIROZ, L.R. **Evolução das Cultivares de Milho no Brasil**. Portal Embrapa. 2008. 5 p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30075/1/Evolucao-cultivares.pdf>

CRUZ, J; PEREIRA FILHO, I. A.; FILHO, M. **Milho - Espaçamento e Densidade**. Disponível em:



<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/plantio/espacamento-e-densidade>. Acesso em 28 out. 2023.

EMBRAPA 2015 - **Cultivo do Milho**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/748759/1/Milho-Plantio.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2023.

EMYDIO, BM, TEIXEIRA, MCC **Densidade de plantas e espaçamento entre linhas para o híbrido de milho BRS 1015**. Pelotas-RS: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 1-8. (Circular Técnica, 72). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15429964.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2023.

FANCELLI, A. L. **Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade**. 2015. Disponível em: [https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Fisiologia-artigo2.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo2.pdf). Acesso em: 6 nov. 2023.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004. p. 21-97

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

FRANCO, A. A. N.; MARQUES, O. J.; FILHO, P. S. V. **SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO MILHO SAFRINHA NO PARANÁ**. p. 33, 2013. Disponível em: [https://www.cpa0.embrapa.br/cds/milhosafarinha2013/palestras/13PEDROSOARESVIDI\\_GALFILHO.pdf](https://www.cpa0.embrapa.br/cds/milhosafarinha2013/palestras/13PEDROSOARESVIDI_GALFILHO.pdf). acesso: 9 nov. 2023.

FRITSCHÉ-NETO, R. et al. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 1, p. 99–101, 29 nov. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/bVt3LbHMQSxDgDTRzDhr8HP/?lang=en>. Acesso em 4 nov. 2023.

GALVÃO, João Carlos Cardoso (Org.); MIRANDA, G. V. (Org.). **Tecnologia e produção de milho**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. v. 1. 366p

GONZAGA, R. L. **SISTEMA DE SEMEADURA EM LINHAS GÊMEAS NA CULTURA DO MILHO**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani. p. 86, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f6d0e909-ed17-47cd-ab25-3924f93b151e/content>. Acesso em: 3 nov. 2023.

GREAT PLAINS - GPM Planter **Catalog.6 Low-Res.pdf**. Disponível em: <https://assets.greatplainsmfg.com/images/AdvertisingImages/CatalogPDFs/1424-GPM%20Planter%20Catalog.6%20Low-Res.pdf>. Acesso em 6 nov. 2023.

HOFFMAN, F; JASPER, M; SCREMIN, A. Avaliação de diferentes espaçamentos nos componentes de produção no milho (*Zea mays* L.). **Revista da União Latino-americana de Tecnologia**, Jaguariaíva, n.3, p. 63-88, 2015

JONES, B. **Effects of Twin-Row Spacing on Corn Silage Growth Development and Yield in the Shenandoah Valley**, 2018. Disponível em: <https://www.pubs.ext.vt.edu/3003/3003-1440/3003-1440.html#:~:text=Twin%2Drow%20spacing%20as%20an,efficiency%20and%20faster%20canopy%20development>.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p

KVITSCHAL, M. V. et al. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 122–131, mar. 2010.

LANDAU, E; MAGALHÃES, P; GUIMARÃES, D. **Milho - Relações com o Clima**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/relacoes-com-o-clima> Acesso em 18 Nov 2023

LARCHER, W. A planta sobre estresse. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rimas Artes e Textos, 2000. p. 341-437.

LERAYER, A. **Guia do milho – tecnologia do campo a mesa**. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. 2006. 15 p.

MIRANDA, G. V. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes épocas de semeadura na segunda safra em baixa altitude no extremo Oeste do Estado do Paraná / Performance of corn hybrids at different sowing times in the second low-season crop in the extreme west of the State of Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34794–34810, 5 abr. 2021a.

MIRANDA, G. V. et al. Desempenho de híbridos de milho na segunda safra em baixa altitude no extremo oeste do Estado do Paraná / Performance of maize hybrids in the second season in low altitude at the far west of Paraná State, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34823–34836, 5 abr. 2021b.

NOVACEK, M. J. et al. Twin Rows Minimally Impact Irrigated Maize Yield, Morphology, and Lodging. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 268–276, jan. 2013.

PEDROTTI, M. C. **PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA SOB IRRIGAÇÃO E SEQUEIRO**. 2014. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Maira%20Cristina%20Pedrotti.pdf>. Acesso em 30 out. 2023.

PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. D.; CRUZ, J. C. Sistema de plantio de milho em fileiras duplas e simples em consórcio com o feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 951–957, maio 2000. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/484087/1/Sistemaplantio.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2023.

PIANA, A.T.; SILVA, P.R.F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M. da S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, p.2608-2612, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/HXpwhqb4VL7P7dNRqHtpGcN/>. Acesso em 6 nov. 2023.

PIONEER. **Catalogo de Milho Safrinha 2021**. Disponível em: [https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/br/pt/files/cat%C3%A1logo\\_saf\\_rinha\\_download\\_pdf.pdf](https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/br/pt/files/cat%C3%A1logo_saf_rinha_download_pdf.pdf)

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

**REVISTA CULTIVAR** - Manejo ideal de densidade e espaçamento no milho, 2016. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/manejo-ideal-de-densidade-e-espacamento-no-milho#:~:text=A%20densidade%20recomendada%20para%20as.80%20mil%20plantas%20por%20hectare>. Acesso em: 8 nov 2023.

RIBEIRO, B.S.M.R et al. (Eds.) **Ecofisiologia do Milho: visando altas produtividades**. Editora: Field Crops. 1ª Edição. 2020. 230 p.

SANGOI ET AL **Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais**, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/PHrwXhn4nF7qn4WjKTXrQ9m/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 nov. 2023.

SANGOI ET AL, 2006. **DENSIDADE E ARRANJO POPULACIONAL EM MILHO**. Disponível em: [http://www.infobibos.com.br/Artigos/2006\\_2/Densidade/Index.htm](http://www.infobibos.com.br/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm). Acesso em: 8 nov. 2023.

SENAR Milho é uma das principais fontes de alimento do brasileiro, com importância estratégica nas exportações do agronegócio. 2016 Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/noticias/milho-%C3%A9-uma-das-principais-fontes-de-alimento-do-brasileiro-com-import%C3%A2ncia-estrat%C3%A9gica-nas-exporta%C3%A7%C3%B5es-do-agroneg%C3%B3cio> . Acesso: 03 nov. 2023

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de Plantas e Adubação Nitrogenada em Milho Cultivado na Safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 381–390, 30 dez. 2004.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S. & TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41:477-486, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/JLMrYvZpmbDmFzJ4xGprb6Q/>. Acesso em: 27 out. 2023.

SOUSA, G. D; COUTO, J. D. R; FERREIRA, N. G; SOUZA, A. R: INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE PLANTAS NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO . **Anais do 1º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsoma**. 2019; 113-120. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202103041003193.pdf>. Acesso 1 nov. 2023.

SOUZA, P. V. D. ; REZENDE, L. P. ; DUARTE, A. P. ; MIRANDA, G. V. . Maize Yield Prediction using Artificial Neural Networks based on a Trial Network Dataset. **ETASR - ENGINEERING, TECHNOLOGY & APPLIED SCIENCE RESEARCH**, v. 13, p. 10338-10346, 2023.

UATE, J. V. **Épocas de semeadura do milho e distribuição espacial de plantas**. 2013. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1067>. Acesso em: 03 nov. 2023.

USDA - **World Agricultural Production**. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/world-agricultural-production> . Acesso em 30 out. 2023.

ZARC PARANÁ 2022. **Portaria de zoneamento agrícola de risco climático Paraná, 2022**. [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN260SOJA\\_PR.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN260SOJA_PR.pdf) Acesso em 18 Nov. 2023

ZOZ, T. et al. DENSIDADE POPULACIONAL, ESPAÇAMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SEMEADURA DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 103, 11 fev. 2019.