



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS LUIZ MENEGHEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

LIGIANE DE OLIVEIRA AQUINO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE MILHO EM  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DISTRIBUIÇÕES ESPACIAIS**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL**

**2019**

LIGIANE DE OLIVEIRA AQUINO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE MILHO EM  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DISTRIBUIÇÕES ESPACIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Agronomia, da Universidade  
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz  
Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Silvestre Bellettini

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2019

A657c Aquino, Ligiane de Oliveira  
Características agronômicas e produtividade de milho em diferentes espaçamentos e distribuições espaciais / Ligiane de Oliveira Aquino; orientador Silvestre Bellettini - Bandeirantes, 2019.  
41 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Arranjo espacial. 2. Espaçamento. 3. Linhas duplas. 4. Rendimento. 5. Zea mays. I. Bellettini, Silvestre, orient. II. Título.

LIGIANE DE OLIVEIRA AQUINO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE MILHO EM  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DISTRIBUIÇÕES ESPACIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Aprovada em: 24/01/2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Nair Mieko Takaki Bellettini

UENP

Prof. Dra. Camila Ferreira Miyashiro

UNOPAR

Prof. Dr. Jethro Barros Osipe

UENP

Profa. Dra. Karina Aline Alves

UNOPAR

---

Prof. Dr. Silvestre Bellettini  
Orientador  
Universidade Estadual do Norte do Paraná,  
*Campus* Luiz Meneghel

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que me concedeu a vida e capacitou-me a desenvolver este trabalho.

À minha mãe, MarciaBeltrame, que através de suas orações me fez forte, não deixando-me perecer diante das dificuldades encontradas pelo caminho.

Ao meu pai, Sivalter Vieira de Aquino, que nunca hesitou em ajudar-me e por diversas vezes deixou de fazer seu próprio trabalho para estar presente durante toda a execução do experimento.

À minha irmã, Ana Beatriz de Oliveira Aquino, que com seu bom humor nunca me deixou desanimar e esteve presente em momentos importantes.

Ao meu namorado, WellingtonCaciola, pelo apoio e compreensão.

Aos demais familiares por toda torcida.

Aos amigos, em especial, AndréA. F.Lucianetti, Henrique H. Maeda, José LuisMailkut, Laís Maria B.Precipito, Márcio Silvério e estagiários de fitotecnia que sempre estiveram dispostos a auxiliar em todas as etapas do experimento, com apoio em campo e também com palavras de conforto.

Ao Nitec, na pessoa do professor RoneBatista que disponibilizou o laboratório para realização de avaliações.

À Sueli Oliveira, que foi uma segunda mãe em Bandeirantes.

Aos professoresHatiroTashima e Jethro Barros Osipe, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho e contribuições na qualificação.

Às professoras Nair M. T. Bellettini e Camila Ferreira Miyashiro pelas contribuições na defesa.

Ao meu orientador, professor SilvestreBellettini, pelo auxílio, dedicação, paciência e conhecimentos repassados.

À Universidade pela oportunidade.

Aos colegas de turma e a todos os professores e secretários do programa de mestrado em agronomia da Uenp pela dedicação.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

À todos que de alguma forma auxiliaram na execução deste trabalho.

Muito Obrigada!

*☺ Senhor é meu pastor, nada me faltará.*

*Salmo 23,1.*

AQUINO, Ligiane de Oliveira. **Características agronômicas e produtividade de milho em diferentes espaçamentos e distribuições espaciais**. 2019. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

## RESUMO

A distribuição espacial de plantas na cultura do milho é uma forma de manejo que visa aprimorar o uso da área de cultivo, possibilitando otimização na utilização dos recursos do meio e consequentemente, maximização do rendimento de grãos. Alterações no sistema de plantio como redução do espaçamento entrelinhas e sistema em fileiras duplas são formas de manipular a distribuição espacial de plantas. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultura do milho em relação às características agronômicas e produtividade em diferentes distribuições espaciais de plantas. O experimento foi conduzido na área da Fazenda da Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, na safra de verão do ano agrícola 2017/2018. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições, sendo os tratamentos constituídos por espaçamento entre fileiras simples reduzido de 0,45 m, espaçamentos entre fileiras simples convencionais de 0,70 e 0,90 m e espaçamentos entre fileiras duplas equivalentes de 1,00 x 0,40 m e 1,40 x 0,40 m. Foram avaliadas populações de plantas pelos estandes inicial e final; as características morfológicas pelas variáveis altura, altura de inserção de primeira espiga, relação entre altura da espiga e altura da planta, diâmetro do colmo, número de folhas, área foliar, índice de área foliar e acamamento; e as características da espiga e componentes produtivos pelas variáveis comprimento e diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, número de fileiras de grãos, massa de mil grãos, massa de grãos por espiga, número de grãos por espiga, índice de espigas, número de espigas por hectare e produtividade. As variáveis analisadas referentes às características morfológicas não foram influenciadas pela distribuição espacial de plantas. Para as características de espiga e componentes produtivos, as variáveis comprimento e diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, número de fileiras de grãos, massa de mil grãos, massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga também não foram influenciadas pela distribuição espacial de plantas. Para índice de espigas, número de espigas por hectare e produtividade, a distribuição espacial em fileira simples de 0,70 m e sua equivalente em fileira dupla (1,00 x 0,40 m) foram semelhantes. A distribuição espacial de plantas em fileiras simples de 0,70 m apresentou maiores incrementos na produtividade de grãos em relação à fileira dupla de 1,40 x 0,40 devido aos maiores índices de espigas e número de espigas por hectare.

**Palavras-chave:** Arranjo espacial. Espaçamento. Linhas duplas. Rendimento. *Zeamays*.

AQUINO, Ligiane de Oliveira. **Agronomic traits and maize productivity in different spatial distributions and spacing.** 2019. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, 2019.

## ABSTRACT

The spatial distribution of plants in the maize crop is a form of management that aims to improve the use of the growing area, allowing optimization in the use of the resources of the environment and, consequently, the maximization of grain yield. Changes in the planting method, such as reduction of row spacing and twin row system, are ways of manipulating the spatial distribution of plants. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the development of the corn crop in relation to the agronomic characteristics and productivity in different spatial distributions of plants. The experiment was carried out in the farm area of the Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, in the summer crop of the agricultural year 2017/2018. The experimental design was a randomized block with 5 treatments and 4 replicates, the treatments consisted of reduced single row spacing of 0.45 m, spacings conventional single row of 0.70 and 0.90 m and spacings between equivalent twin rows of 1.00 x 0.40 m and 1.40 x 0.40 m. The following were evaluated: plant population through the initial and final stands; the morphological characteristics of the height, the first ear insertion height, the relation between ear height and plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf area index and lodging; and the characteristics of the ear and productive components by the variables length and diameter of ear, cob diameter, number of rows of grains, mass of a thousand grains, mass of grains per ear, number of grains per ear, ears index, number of ears per hectare and productivity. The analyzed variables referring to the morphological characteristics were not influenced by the spatial distribution of plants. For ear characteristics and productive components, the variables ear length and diameter, cob diameter, number of rows of grains, mass of a thousand grains, mass of grains per ear and number of grains per ear were also not influenced by spatial distribution of plants. For ears index, number of ears per hectare and productivity, the single row spatial distribution of 0.70 m and its twin row equivalent (1.00 x 0.40 m) were similar. The spatial distribution of plants in single row of 0.70 m topresent larger increases in grain yield in relation to twin rows of 1.40 x 0.40 because a larger ears index and number of ears per hectare.

**Key-words:** Space arrangement. Spacing. Twin-rows. Yield. *Zeamays*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Aspectos Gerais da Cultura do Milho .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Aspectos Econômicos da Cultura do Milho .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Aspectos da Distribuição Espacial de Plantas da Cultura do Milho .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Densidade de plantas .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Espaçamento entrelinhas .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Distribuição espacial de plantas .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Local</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento Experimental .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracterização da Cultivar .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Implantação.....</b>	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>Tratos Culturais.....</b>	<b>20</b>
<b>3.6</b>	<b>Caracterização do Clima e Dados Climáticos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.7</b>	<b>Avaliações .....</b>	<b>22</b>
<b>3.7.1</b>	<b>População inicial de plantas .....</b>	<b>22</b>
<b>3.7.2</b>	<b>População final de plantas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.3</b>	<b>Características morfológicas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.3.1</b>	<b>Altura de plantas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.3.2</b>	<b>Altura de inserção da espiga.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.3.3</b>	<b>Relação entre altura da espiga e altura da planta .....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.3.4</b>	<b>Diâmetro de colmo.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.3.5</b>	<b>Número de folhas .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7.3.6</b>	<b>Área foliar .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7.3.7</b>	<b>Índice de área foliar.....</b>	<b>24</b>
<b>3.7.3.8</b>	<b>Acamamento .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7.4</b>	<b>Características da espiga e componentes produtivos .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7.4.1</b>	<b>Dimensões da espiga despalhada.....</b>	<b>24</b>
<b>3.7.4.2</b>	<b>Diâmetro do sabugo.....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.4.3</b>	<b>Número de fileiras de grãos .....</b>	<b>25</b>

<b>3.7.4.4</b>	<b>Massa de mil grãos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.4.5</b>	<b>Massa de grãos por espiga .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.4.6</b>	<b>Número de grãos por espiga .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7.4.7</b>	<b>Índice de espigas .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7.4.8</b>	<b>Número de espigas por hectare .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7.4.9</b>	<b>Produtividade.....</b>	<b>26</b>
<b>3.7.5</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>População de Plantas.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Características Morfológicas .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Características da Espiga e Componentes Produtivos.....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de milho no Brasil está dissipado por todo país e dentre as culturas produtoras de grãos, ocupa a segunda posição em termos de área e produção. É uma espécie cultivada em milhares de propriedades nacionais em diferentes épocas, sob condições ambientais diversas e que abrange desde a agricultura familiar até lavouras altamente tecnificadas (MELO FILHO; MATTOSO, 2015; GUIMARAES; LANDAU, 2015).

No cenário atual, verifica-se um crescente aumento no consumo mundial de milho devido principalmente à sua diversidade de utilização que compreende o consumo humano, animal, industrial e energético. Em decorrência disso surge a necessidade de se aumentar o rendimento de grãos dessa cultura, principalmente em países como o Brasil que possui elevado potencial de produção (BRITO, 2018).

A produtividade do milho brasileiro nos últimos 40 anos duplicou (BOAIGO et al. 2017), apesar disso, o país ainda apresenta um baixo rendimento médio ( $4.940 \text{ kg ha}^{-1}$ ) principalmente quando comparado aos Estados Unidos ( $11.080 \text{ kg ha}^{-1}$ ), maior potência mundial (USDA, 2018). Essa situação ocorre devido a complexidade de variáveis envolvidas no processo de produção do grão como genótipo, condições edafoclimáticas e manejo (FUMAGALLI et al. 2017). Como forma de contornar esse problema, a escolha da distribuição espacial de plantas na área é considerada uma das práticas mais importantes da cultura (ALMEIDA et al., 2000).

O manejo da distribuição espacial de plantas pela alteração do espaçamento e adequação da densidade de plantas na linha pode proporcionar melhor aproveitamento de fatores de produção como água, luz e nutrientes, acarretando em maximização do rendimento de grãos pela otimização do uso da área de cultivo (ARGENTA et al., 2001b, DEMÉTRIO et al., 2008). Aliado a isso, modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica que foram incorporadas às plantas de milho pelos programas de melhoramento fazem aumentar o interesse dos produtores em utilizar novos recursos de manejo para incrementar a produção (SCHMITT, 2014).

Nesse contexto, novas formas de distribuição espacial de plantas, proporcionadas por espaçamento reduzido e sistema em fileiras duplas (*twin-rows*) podem tornar-se alternativas promissoras na elevação da produtividade de grãos. Por essa razão o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultura do milho em relação às características agronômicas e produtividade em diferentes distribuições espaciais de plantas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Milho

O milho (*Zeamays L.*) é um cereal originário das Américas e seu cultivo, a nível mundial, se dá entre as latitudes de 58° norte (Canadá) e 40° sul (Argentina) e altitudes que variam desde locais situados abaixo do nível do mar (região do Mar Cáspio) até mais de 2500 m (Andes Peruanos) (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

O sistema radicular da planta de milho é composto por raízes seminais e secundárias, responsáveis pela nutrição da planta e por raízes adventícias, responsáveis por sua sustentação. O colmo é dividido em nós e entrenós e tem função estrutural e de reserva. As folhas ocorrem em número de 10 a 25 e são as principais responsáveis pela produção de fotoassimilados. As inflorescências, pendão e espiga, posicionadas em locais distintos na planta, são as responsáveis pela polinização e fertilização. O fruto é do tipo cariopse e composto basicamente por amido (72%), proteínas (9,5%), fibras (9%) e óleo (4%) (BORÉM et al., 2017; PAES, 2006).

A planta de milho é considerada fotossinteticamente eficiente (C<sub>4</sub>), uma vez que previne a perda de CO<sub>2</sub> para o meio (HARTTERSLEY, 1984) concentrando-o nas células da bainha vascular das folhas e redistribuindo-o para locais onde serão estocados ou metabolizados (SALISBURY; ROSS, 1994).

As características botânicas e morfológicas do milho favorecem a adaptação aos mais variados ambientes, no entanto, condições climáticas adequadas de temperatura, radiação solar, vento e água são importantes para uma produção satisfatória (BORÉM et al., 2017).

De acordo com Rezende et al. (2004), a temperatura é um fator que pode alterar o ciclo da cultura. Quando as temperaturas médias são superiores a 20 °C durante a fase de crescimento, as variedades precoces atingem a maturidade fisiológica de 80 a 110 dias e as variedades médias de 110 a 140 dias. Quando as temperaturas médias são inferiores a 20 °C, dependendo da variedade, o ciclo da cultura pode aumentar de 10 a 20 dias para cada 0,5 °C de decréscimo, destacando que a 15 °C o ciclo varia de 200 a 300 dias.

Na ocasião da semeadura, para boa germinação e emergência, o ideal é que o solo apresente temperatura acima de 18° C e umidade próxima à capacidade de campo. Para o desenvolvimento vegetativo, temperaturas do ar oscilando de 25° C a 30° C são favoráveis

quando aliadas a disponibilidade de água no solo e radiação solar. Na floração e enchimento de grãos, os requerimentos básicos são temperatura e luminosidade adequadas, além de umidade relativa do ar superior a 70%. Quando ocorrem temperaturas médias diárias superiores a 26 °C, o enchimento de grãos pode ser acelerado, assim como em temperaturas inferiores a 15,5 °C pode ser retardado. Sob temperaturas superiores a 35 °C o rendimento e a composição proteica dos grãos de milho podem ser alterados devido à diminuição da atividade da nitrato-redutase que interfere na assimilação de nitrogênio pela planta. Na ocasião da maturação fisiológica e colheita, preza-se por temperaturas favoráveis e períodos secos. (FANCELLI, 2015; BORÉM et al., 2017).

Em relação à radiação solar, a cultura do milho, por pertencer ao grupo de plantas C<sub>4</sub>, responde com altos rendimentos a intensidades luminosas crescentes. A maior sensibilidade à variação de luminosidade na cultura é observada próxima à fase reprodutiva, no período que abrange a emissão da 12<sup>a</sup> - 14<sup>a</sup> folha até grãos leitosos. Nessa ocasião, diminui-se significativamente o número e a densidade de grãos quando ocorre redução da disponibilidade de luz (FANCELLI, 2015).

Quanto à incidência de vento, esta pode proporcionar aumento da demanda hídrica pela cultura tornando-a mais suscetível a períodos de estiagem, além de provocar o acamamento de plantas. Ventos frios ou quentes podem ainda causar falhas no processo de polinização e conseqüentemente limitar a produção da lavoura (ARNON, 1975).

Segundo Fancelli (2015), a cultura do milho exige 400 a 600 mm de precipitação durante o ciclo para uma boa produção. As maiores exigências se manifestam na fase de emergência, florescimento e formação do grão. O período correspondente aos 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina (grão leitoso) deve coincidir com suprimento hídrico satisfatório aliado a temperaturas adequadas, uma vez que esse período é considerado crítico em relação a esses fatores. Por essa razão, deve-se planejar a condução da lavoura a fim de que esta etapa coincida com temperaturas favoráveis (25 a 30° C) e chuvas frequentes de curta duração (FRATTINI, 1975).

A deficiência hídrica pode interferir no vigor vegetativo da planta de milho, reduzindo a área foliar, o teor de clorofila nas folhas, a interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética. Por outro lado, durante o período crítico da cultura a falta de água compromete principalmente o número de espigas por planta e o número de grãos por espiga (BERGAMASCHI et al., 2004).

## 2.2 Aspectos Econômicos da Cultura do Milho

O milho é uma cultura de importante relevância internacional. Os maiores produtores mundiais são Estados Unidos, China e Brasil. Na safra 2017/2018, esses países contribuíram com 370,96, 215,89 e 82,00 milhões de toneladas do grão, respectivamente, o que representou cerca de 65% da produção mundial. Da mesma forma, os principais países produtores são os que mais consomem o grão, seguidos da União Européia e México, respectivamente (USDA, 2018).

Em relação à exportação, nesta mesma safra, o mercado internacional foi abastecido com aproximadamente 150 milhões de toneladas do cereal, das quais Estados Unidos, Brasil e Argentina responderam por cerca de 110 milhões de toneladas. Nesse cenário, China, importante produtor e consumidor mundial não se destaca entre os 10 maiores exportadores (USDA, 2018).

No Brasil, o milho representa a segunda cultura mais importante para a agricultura brasileira em termos de produção (CONAB, 2018) consolidando-se como um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, em função do seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo. A múltipla capacidade de utilização, seja nos setores agroindustriais, alimentação humana ou alimentação animal, proporciona ao cereal assumir importante papel sócio-econômico sendo cultivado por diversos agricultores nas mais variadas propriedades nacionais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

A produção de milho no Brasil é caracterizada pela divisão em duas épocas de plantio. Na primeira, conhecida como safra de verão ou primeira safra, a cultura tem seu desenvolvimento no período chuvoso e possui menor área de extensão devido principalmente a expansão no cultivo da soja. Na segunda, popularmente conhecida como “safrinha” ou segunda safra, o desenvolvimento se dá extemporaneamente, no período de sequeiro e a área cultivada chega a ser o dobro da primeira safra, compensando a produção (CONAB, 2018).

No cenário nacional, em relação à primeira safra, as regiões sul, sudeste e nordeste predominam com 10,26, 7,71 e 5,60 milhões de toneladas de grãos produzidas, o que corresponde a aproximadamente 88% da produção do país (CONAB, 2018).

Na segunda safra, os estados do Mato Grosso e Paraná respondem por cerca de 65% da produção brasileira. Com relação ao milho total produzido, estes estados apresentam-se como maiores produtores nacionais, somando na safra 2017/2018 um volume de 38,26 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2018).

Apesar de se consolidar como potência mundial em relação à produção, representando cerca de 8% da oferta mundial, o rendimento médio do milho no Brasil ( $4.940 \text{ kg ha}^{-1}$ ) é bastante inferior quando comparado a países norte americanos como Estados Unidos ( $11.080 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e Canadá ( $10.030 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Em relação à América do Sul, o país aparece atrás da Argentina ( $6.150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e no ranking mundial, ocupa apenas a décima posição (USDA, 2018).

De acordo com Kaneko (2009), essa condição pode ser explicada pelo baixo nível tecnológico adotado por agricultores de determinadas regiões do país aliada a condições ambientais desfavoráveis durante o cultivo. Ao observar a produtividade do grão por região, principalmente na primeira safra que possui condições edafoclimáticas mais favoráveis, verifica-se que alguns estados como Mato Grosso do Sul e Paraná atingiram na safra 2017/2018 rendimentos próximos aos das maiores potências mundiais com  $9.212 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $8.748 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente (CONAB, 2018).

Dos fatores que afetam o rendimento da cultura do milho, genótipo, fotoperíodo, temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes, interferência de plantas daninhas, pragas e doenças e radiação solar são preponderantes durante o ciclo da planta (DOURADO NETO et al., 2015). Entre estes, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel desempenha papel de destaque quando outros fatores ambientais são favoráveis (OTTOMAN; WELCH, 1989). Nesse sentido, uma das formas de se aprimorar a interceptação de radiação e, por consequência, o rendimento de grãos, é através da escolha adequada da distribuição espacial de plantas (ARGENTA et al., 2001a).

### **2.3 Aspectos da Distribuição Espacial de Plantas da Cultura do Milho**

A distribuição espacial de plantas é uma forma de manejo que visa obter arranjos mais adequados a fim de maximizar a utilização dos recursos ambientais e consequentemente incrementar a produtividade. Teoricamente, a distribuição ideal é aquela que proporciona uniformidade de plantas por área, possibilitando melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes pela melhor equidistância entre plantas (BRACHTVOGEL et al., 2012).

Segundo Sangoiet al. (2012), o estabelecimento de lavoura com maior uniformidade espacial possibilita que plantas vizinhas tenham o mesmo fornecimento de substrato resultando em aumento do número de grãos produzidos por área.

Para atingir alto rendimento de grãos na cultura do milho, é fundamental otimizar a interceptação da radiação solar incidente, distribuir de forma eficiente os

fotoassimilados através da distribuição espacial nas diferentes estruturas da planta, além de manter esses processos com custo energético reduzido para a cultura (SANGOI; SILVA, 2012). Para isso, a distribuição espacial de plantas é uma prática importante, uma vez que influencia o índice de área foliar, o ângulo de inserção foliar e a interceptação da luz incidente por outras partes da planta, principalmente nos extratos inferiores do dossel (ARGENTA et al., 2001a).

A busca por um arranjo mais adequado pode ser feita a partir de alterações na densidade de plantas, no espaçamento entrelinhas e na distribuição de plantas na linha, de modo que as variações na distância entre plantas na linha e nas entrelinhas conferem os diferentes arranjos espaciais na lavoura (ARGENTA et al., 2001a).

### **2.3.1 Densidade de plantas**

A densidade populacional tem grande influência no rendimento de grãos do milho, uma vez que pequenas alterações na população resultam em modificações relativamente grandes no rendimento final da cultura (SILVA et al., 2006).

Quando se utilizam densidades de plantas abaixo ou acima da indicada ocorre redução da atividade fotossintética da planta e conseqüentemente diminuição do rendimento de grãos (SANGOI; SILVA, 2012).

Argenta et al. (2001b) avaliando o efeito da redução de espaçamento entrelinhas no rendimento de grãos de milho, obtiveram aumento de produtividade em híbridos de baixa estatura e na densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

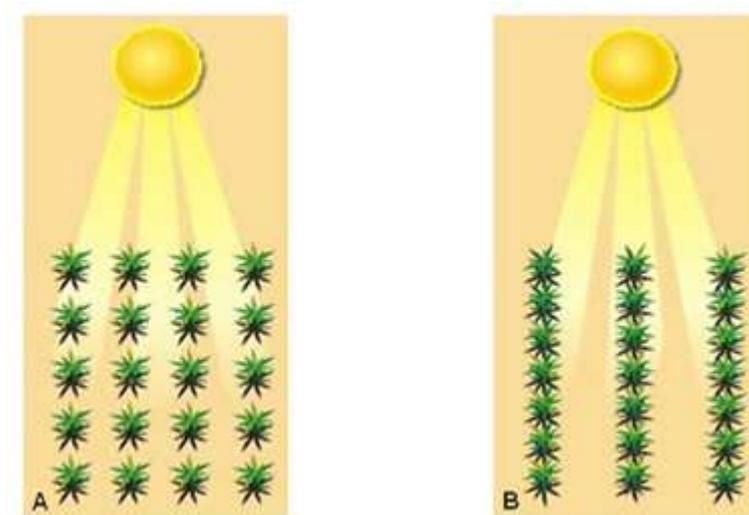
A densidade populacional ótima para um determinado híbrido corresponde ao menor número de plantas por unidade de área que leva à maior produtividade (DEMÉTRIO et al, 2008). Para cada cultivar, região, época de semeadura, fertilidade do solo e manejo tem-se uma população ótima (CRUZ et al., 2010).

Boiagoet al. (2017), trabalhando com arranjo espacial e densidade de semeadura em Cascavel-PR e Rio Verde-GO, observaram que houve incremento de produtividade com aumento da densidade de semeadura até 75.000 plantas ha<sup>-1</sup> em Cascavel e até 85.000 plantas ha<sup>-1</sup> em Rio Verde.

### 2.3.2 Espaçamento entrelinhas

A cultura do milho é tradicionalmente implantada no Brasil com espaçamentos entrelinhas de 0,80 e 0,90 m. Esses espaçamentos são provenientes da época em que se utilizavam animais como forma de tração para manejar as lavouras desde a semeadura até a colheita (MATTOSO et al., 2006).

No cenário atual, existe uma tendência para a redução do espaçamento entrelinhas de forma a modificar o comportamento da planta para que a mesma aprimore sua eficiência de utilização dos recursos do meio, mantendo a densidade de plantas constante (DEMÉTRIO et al., 2008). Segundo Nummer Filho e Hentschke (2006), para uma mesma população, a redução do espaçamento entrelinhas melhora a distribuição de plantas na área, facilitando a penetração de luz. Conforme pode ser observado na Figura 2.1, no espaçamento convencional (2.1 B), há sombreamento das plantas na mesma linha e grande quantidade de luz é perdida atingindo o solo e não as plantas. No espaçamento reduzido (2.1 A), a luz atinge um maior número de plantas, não ocorrendo o sombreamento entre plantas da mesma linha, o que proporciona maior índice de fotossíntese para as mesmas.



Fonte: Nummer Filho e Hentschke (2006)

**Figura 2.1** – Captação de luz pelas plantas de milho em função da distribuição espacial de plantas para uma mesma densidade populacional (A: 40 cm, B: 80 cm).

A elevação do rendimento de grãos com a redução do espaçamento entrelinhas é atribuída à melhor eficiência na intercepção de radiação e ao decréscimo de competição entre plantas de milho, em virtude da distribuição mais equidistante das plantas

(PEREIRA FILHO et al., 2013). Além disso, com a redução do espaçamento, aumenta-se a capacidade competitiva da cultura em relação às plantas daninhas, já que interceptando maior quantidade de luz, as plantas de milho conseguem crescer mais rapidamente, promovendo um ligeiro fechamento das entrelinhas (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006).

De acordo com Stacciariniet al. (2010), a redução do espaçamento entrelinhas na densidade de 90.000 plantas ha<sup>-1</sup> resultou em incremento de produtividade para o híbrido testado sem alterar suas características agrônômicas de altura de plantas, altura de inserção de espiga, peso de 1000 grãos, número de grãos por espiga, número de grãos por fileira e porcentagem de espiga. Resende et al. (2003) utilizando espaçamentos entrelinhas de milho de 0,45, 0,70 e 0,90 m, obtiveram as maiores produtividades no espaçamento de 0,70 m. Kappes et al. (2011), por sua vez, avaliando cinco híbridos de milho em dois espaçamentos entrelinhas de plantio (0,45 e 0,90 m) não observaram nenhum incremento na produtividade de grãos com a redução do espaçamento, com exceção do híbrido AG 9010 onde a redução foi vantajosa.

Ainda que existam vários benefícios na redução de espaçamento entrelinhas do milho, algumas limitações na adoção dessa prática podem dificultar as atividades na lavoura, entre elas, a disponibilidade de plataformas de colheita. Atualmente, existem plataformas fabricadas para colher milho em espaçamentos de 0,40 a 0,50 m, no entanto, apresentam custo elevado. Além disso, o uso de linhas de semeadura estreitas exige compras adicionais de equipamentos, como pneus de tratores mais estreitos para a realização de tratos culturais em pós-emergência (PEREIRA FILHO et al., 2013; DIAS, 2017).

### **2.3.3 Distribuição espacial de plantas**

A distribuição espacial de plantas é o arranjo de uma população em uma área de cultivo, onde podem ser utilizadas tanto fileiras simples como fileiras duplas (LENZI, 1992). A distribuição espacial de plantas adequada, quando associada a uma boa qualidade de semeadura, pode proporcionar à cultura, ganhos em produtividade (DIAS et al., 2009).

Além de alterações na densidade de semeadura ou no espaçamento entrelinhas, a distribuição espacial de plantas de milho pode ser manipulada através do cultivo em fileiras duplas (*Twin-Rows*). O sistema em fileiras duplas é uma forma de distribuição de plantas que procura aumentar a distância entre as plantas sem interferir no fenótipo das mesmas, proporcionando maior equidistância entre os indivíduos e conseqüentemente melhor

aproveitamento no uso da água, luz e nutrientes, tornando-se assim, uma prática para atingir o máximo potencial produtivo da cultura (BALEM et al., 2014; KUMAR et al., 2016).

No Brasil, não se tem registros da utilização do sistema em fileiras duplas em lavouras comerciais de milho. Nos Estados Unidos, entretanto, o sistema *twin-row* é utilizado com frequência (BALEM et al., 2014). De acordo com Bruns (2011), nesse arranjo de plantas, a penetração de luz e agroquímicos na lavoura podem ser maiores, o que melhora a taxa fotossintética, a sanidade, a longevidade das folhas próximas ao solo e, por último, a produtividade de grãos.

Estudos realizados por Cox et al. (2006) constataram que o espaçamento entrelinhas (linhas simples ou linhas duplas) não interferiu na altura média das plantas. No entanto, o rendimento de grãos foi superior no arranjo com linhas duplas em comparação com o arranjo em linhas simples. Balkomet al. (2011) demonstraram que os aumentos de produtividade de milho com linhas duplas foram mínimos em relação as linhas simples na mesma densidade populacional, não justificando seu uso.

Por se tratar de uma nova configuração de distribuição espacial, ainda não há recomendações de densidade e espaçamentos ótimos para fileiras duplas, isso também ocorre em função dos arranjos estarem associados a regiões, época de semeadura, sistema de cultivo, condições edafoclimáticas e genótipos diferentes (BALEM et al., 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

O experimento foi realizado no ano agrícola 2017/2018 em área experimental da Fazenda Escola da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, município de Bandeirantes/PR que está situado a 23°06' S de latitude, 50°21' W de longitude e 440 m altitude.

Anteriormente à implantação do experimento, coletou-se amostras de solo para fins de análise química e adubação, conforme metodologia proposta por Raij et al. (1996) e os resultados estão expressos na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Resultados da análise química do solo, área experimental, Bandeirantes (PR), 2017.

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	MO g kg <sup>-1</sup>	P* mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V %
0 - 20	4,9	14,8	32,6	0,41	3,6	2,0	0,1	3,99	6,0	10,0	60,1

\*Extrator Melish

Fonte: Laboratório de Análises de Solos – UENP. 2017.

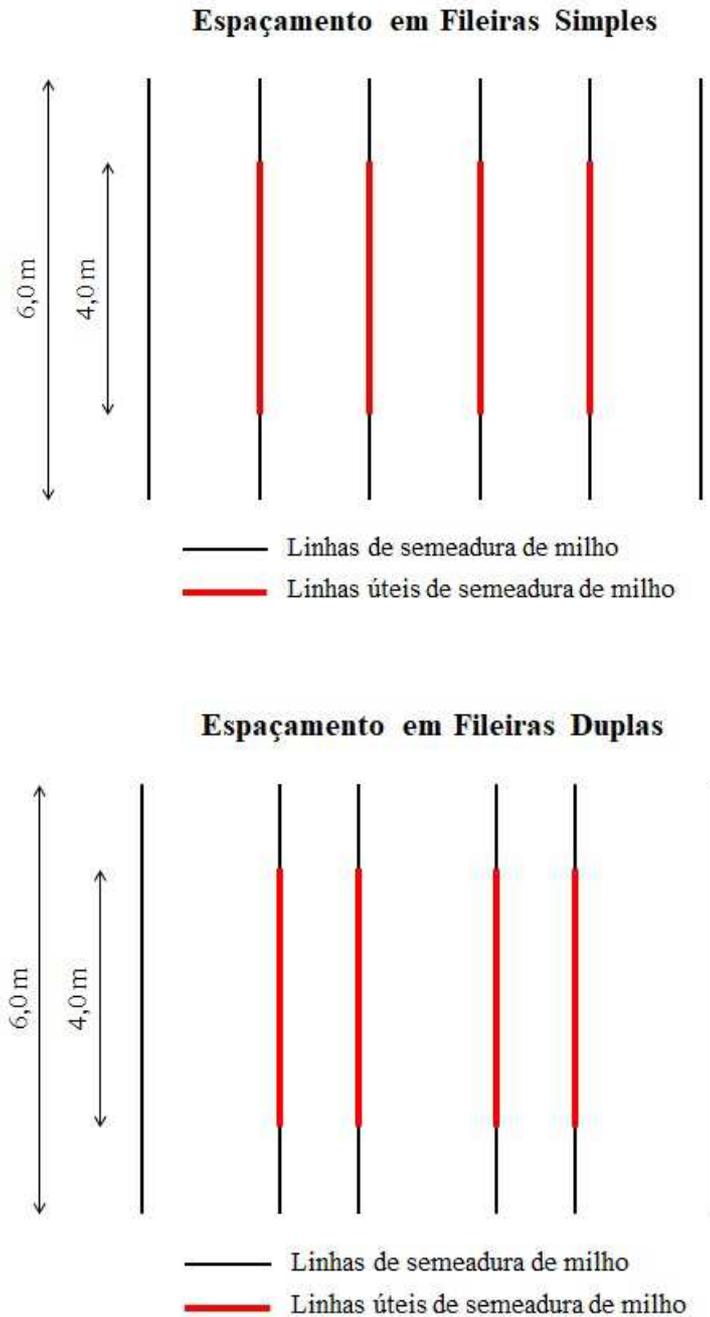
#### 3.2 Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco espaçamentos entre linhas: simples de 0,45 m (reduzido), 0,70 m e 0,90 m (convencionais) e duplas de 1,00 x 0,40 m (equivalente a 0,70 m) e 1,40 x 0,40 m (equivalente a 0,90 m) (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** – Descrição dos espaçamentos avaliados na cultura do milho, área experimental, Bandeirantes (PR), 2017/2018.

Tratamento	Espaçamento	Linha
1	0,45 m	Simples
2	0,70 m	Simples
3	0,90 m	Simples
4	1,00 x 0,40 m	Dupla
5	1,40 x 0,40 m	Dupla

A parcela foi composta de 6 linhas de semeadura de 6 m para cada repetição; a parcela útil foi formada pelas 4 linhas centrais de 4 m conforme esquema a seguir (Figura 3.1).



**Figura 3.1** – Distribuição dos tratamentos em fileiras simples e fileiras duplas na área experimental, Bandeirantes (PR), 2017/2018.

### 3.3 Caracterização do Cultivar

As sementes utilizadas foram do híbrido simples de ciclo precoce Status VIP3, que possui elevado potencial produtivo e qualidade de grãos. Suas principais características estão listadas na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3** – Características do híbrido simples Status VIP3, utilizado no experimento, Bandeirantes (PR), 2017/2018.

<b>Características</b>	<b>STATUS VIP3</b>
Finalidade	Grãos
Altura de plantas (cm)	239
Inserção de Espiga (cm)	117
Textura de Grãos	Duro
Cor de Grãos	Alaranjado
Peso 1000 grãos	362 g
Resistência a Glifosato	Resistente
Ciclo	Precoce

Fonte: PORTALSYNGENTA

### 3.4 Implantação

A área utilizada para implantação do experimento estava em pousio e foi previamente preparada, de forma convencional através de gradagens. Não foi necessário realizar a correção do solo. O fertilizante utilizado, de fórmula NPK 10-15-15 (200 kg ha<sup>-1</sup>) foi distribuído a lanço. Os tratamentos foram implantados com auxílio de um sulcador manual confeccionado em madeira e perfurado de acordo com os tratamentos. A semeadura foi realizada no dia 17/10/2017 através de semeadora manual. As sementes foram tratadas com clorotraniliprole (55 g 60000 sementes<sup>-1</sup>), inseticida sistêmico do grupo das diamidasantranílicas, a fim de se evitar o ataque inicial de pragas de solo, em especial lagarta do cartucho e corós. A emergência das plantas ocorreu em 30/10/2017, considerando 50% de plantas emergidas na área experimental.

### 3.5 Tratos Culturais

As práticas culturais foram realizadas durante a condução do experimento de acordo com a necessidade. O desbaste foi realizado 10 dias após a emergência das plantas com a finalidade de ajustar a população de plantas em todos os tratamentos.

A adubação de cobertura foi realizada aos 22 dias após a emergência, estádio V6, aplicando-se a lanço, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia.

O controle de plantas daninhas foi feito através de capinas manuais e aplicação de herbicidas. Aos três dias após a semeadura foi aplicado paraquate (2,0 L ha<sup>-1</sup>) + óleo mineral (0,5 % v/v). Aos oito dias após a emergência, glifosato (1,5 L ha<sup>-1</sup>) etiametoxan + lambda-cialotrina (0,25 L ha<sup>-1</sup>) foram aplicados para controlar espécies infestantes e percevejo barriga verde, respectivamente. A última aplicação de glifosato (3,0 L ha<sup>-1</sup>) + óleo mineral (0,5 % v/v) foi realizada aos 78 dias após a emergência em jato dirigido nas entrelinhas.

Para o controle de lagartas foram feitas três aplicações, tiametoxan + lambda-cialotrina (0,25 L ha<sup>-1</sup>) aos 17 dias após a emergência; clorfenapir (0,75 L ha<sup>-1</sup>) + lufenuron (0,3 L ha<sup>-1</sup>) aos 29 dias após a emergência e lambda-cialotrina + clorantraniliprole (0,15 L ha<sup>-1</sup>) compiraclostrobina + epoxiconazol (0,38 L/ha<sup>-1</sup>) + óleo mineral (0,5 % v/v) aos 36 dias após a emergência, para controlar lagartas e prevenir doenças fúngicas, respectivamente.

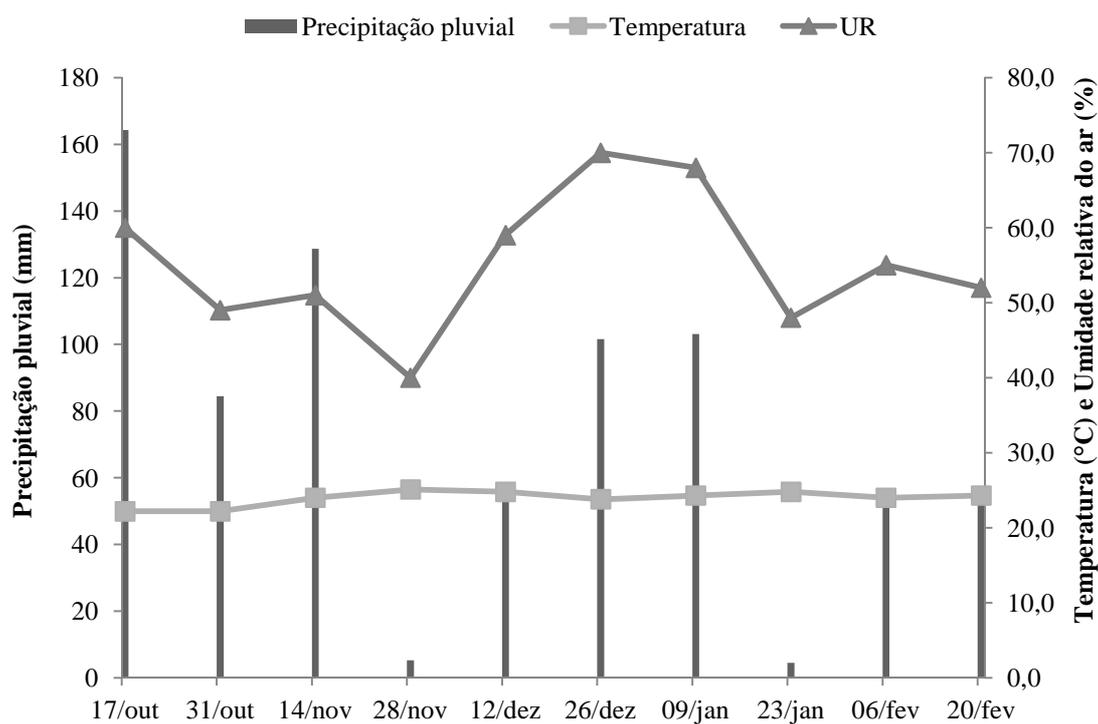
Todas as aplicações foram feitas com pulverizador costal motorizado, barra de 3 m com 6 bicos e ponta tipo leque XR 110 02, volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>. O controle de formigas cortadeiras foi realizado através da aplicação manual de sulfluramida (0,05%) + fipronil (0,003%) ao redor dos orifícios aos 10 dias após a emergência.

A colheita foi efetuada manualmente, no dia 26/02/2018 nas quatro linhas centrais de cada parcela útil. As demais linhas foram descartadas depois de utilizadas para amostragens destrutivas.

### **3.6 Caracterização do Clima e Dados Climáticos**

De acordo com a classificação de Köppen, na região de Bandeirantes (PR), o clima é definido como subtropical (Cfa). A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18 °C (mesotérmico) e a temperatura média do mês mais quente, acima de 22 °C. Os verões são quentes, as geadas ocorrem com pouca frequência e há tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida (WREGE et al., 2012).

Durante o período de condução do experimento, o total de precipitação pluvial registrado foi de 722 mm. Valores de temperatura média, umidade relativa do ar média e precipitação pluvial, informados pela Estação Agrometeorológica da UENP, podem ser observados na Figura 3.2.



Fonte: Estação Agrometeorológica da UENP. 2017/2018.

**Figura 3.2** – Precipitação pluvial, Temperatura média e Umidade relativa do ar média registradas, a cada 14 dias, durante o período experimental, de outubro de 2017 a fevereiro de 2018, Bandeirantes (PR), 2017/2018.

### 3.7 Avaliações

Durante o período de condução do experimento foram avaliadas as populações, características morfológicas de plantas, características da espiga e componentes de produção e produtividade.

#### 3.7.1 População inicial de plantas

A população inicial de plantas foi verificada aos dez dias após a emergência através da contagem de plantas nas quatro linhas centrais de 4 m por parcela, transformando-se a população obtida para a correspondente por hectare.

### **3.7.2 População final de plantas**

A população final de plantas foi verificada na ocasião da colheita através da contagem de plantas nas quatro linhas centrais de 4 m por parcela, transformando-se a população obtida para a correspondente por hectare.

### **3.7.3 Características morfológicas**

#### **3.7.3.1 Altura de plantas**

A altura média de plantas foi verificada na ocasião do florescimento mensurando-se através de trena a distância em centímetros da superfície do solo até a inserção da folha bandeira em dez plantas aleatórias da área útil experimental.

#### **3.7.3.2 Altura de inserção da espiga**

A altura média de inserção da espiga foi verificada na ocasião do florescimento mensurando-se através de trena a distância em centímetros da superfície do solo até a base de inserção da primeira espiga nas mesmas plantas do item 3.7.3.1.

#### **3.7.3.3 Relação entre altura da espiga e altura da planta**

A relação média entre as alturas foi obtida pela razão entre altura de inserção da espiga e altura da planta, tomadas nas mesmas plantas dos itens 3.7.3.1 e 3.7.3.2.

#### **3.7.3.4 Diâmetro de colmo**

O diâmetro médio do colmo foi obtido na ocasião da maturação fisiológica pela média de dois diâmetros (maior e menor) verificados no 1º entrenó acima do solo, com auxílio de paquímetro, nas mesmas plantas do item 3.7.3.1.

### **3.7.3.5 Número de folhas**

O número médio de folhas foi verificado na ocasião do florescimento pela contagem de folhas nas mesmas plantas do item 3.7.3.1.

### **3.7.3.6 Área foliar**

A área foliar média foi verificada na ocasião do florescimento, através do analisador de imagens Windias® (Windias, Delta-TDevices, Cambridge, UK) em dez plantas da área experimental destinada a amostragens destrutivas.

### **3.7.3.7 Índice de área foliar**

O índice de área foliar médio foi determinado na ocasião do florescimento, indiretamente, pela razão entre a área foliar média de dez plantas (item 3.7.3.6) e a área de solo ocupada pela planta em cada tratamento.

### **3.7.3.8 Acamamento**

O acamamento médio de plantas foi verificado na ocasião da colheita pela contagem de plantas com ângulo superior a 45° com a vertical ou quebradas abaixo da inserção da espiga nas quatro linhas centrais de 4 m.

## **3.7.4 Características da espiga e componentes produtivos**

### **3.7.4.1 Dimensões da espiga despalhada**

O comprimento e diâmetro médios das espigas despalhadas foram verificados em 10 espigas aleatórias, com auxílio de trena e paquímetro, respectivamente. O diâmetro foi mensurado na parte central da espiga.

### 3.7.4.2 Diâmetro do sabugo

O diâmetro médio do sabugo foi determinado na parte central do sabugo com auxílio de paquímetro nas mesmas espigas do item 3.7.4.1.

### 3.7.4.3 Número de fileiras de grãos

O número de fileiras de grãos médio foi determinado pela contagem de fileiras de grãos nas mesmas espigas do item 3.7.4.1.

### 3.7.4.4 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi determinada de acordo com metodologia descrita em Brasil (2009). A umidade foi verificada através de medidor de umidade de grãos portátil Mini GAC Plus® seguida da correção a 13% segundo equação (1) de Weber (1995):

$$Mf = Mi \cdot \frac{100 - Ui}{100 - Uf} \quad Eq. 1$$

Onde:

$Mi$  = Massa inicial de grãos (g)

$Mf$  = Massa final de grãos (g)

$Ui$  = Umidade inicial de grãos (%)

$Uf$  = Umidade final de grãos (%)

### 3.7.4.5 Massa de grãos por espiga

A massa média de grãos por espiga foi determinada pela pesagem dos grãos das espigas do item 3.7.4.1 em balança digital eletrônica. A umidade foi obtida através de medidor de umidade de grãos portátil Mini GAC Plus® corrigindo-a para 13% de acordo com equação (1) de Weber (1995).

#### **3.7.4.6 Número de grãos por espiga**

O número médio de grãos por espiga foi verificado pela contagem dos grãos por parcela nas mesmas espigas referidas no item 3.7.4.1.

#### **3.7.4.7 Índice de espigas**

O índice de espigas foi determinado pela razão entre o número de espigas maiores que 12 cm e o número de plantas da parcela útil.

#### **3.7.4.8 Número de espigas por hectare**

O número médio de espigas por hectare foi obtido de forma indireta, multiplicando-se a população final (item 3.7.2) pelo índice de espigas (item 3.7.4.7).

#### **3.7.4.9 Produtividade**

A produtividade foi determinada pela pesagem dos grãos provenientes das espigas da área útil experimental através de balança digital eletrônica, sendo posteriormente corrigida para  $\text{kg ha}^{-1}$ . A umidade foi obtida através de medidor de umidade de grãos portátil Mini GAC Plus® corrigindo-a para 13% de acordo com equação (1) de Weber (1995).

### **3.7.5 Análise estatística**

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, considerando-se o esquema de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de SNK a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas pelo programa Statistica®.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 População de Plantas

A população de plantas foi ajustada no ato do desbaste da cultura de modo que as variações obtidas entre população inicial e final ocorreram principalmente devido a desuniformidade de emergência que possibilitaram ataque de formigas cortadeiras no início do ciclo da cultura para algumas linhas de semeadura.

**Tabela 4.1** – Valores médios de população inicial e final de plantas de milho por hectare em Bandeirantes (PR), 2017.

Tratamentos	População ha <sup>-1</sup>	
	Inicial	Final
0,45 m	55556	54514
0,70 m	57143	56696
0,90 m	55556	55730
1,00 x 0,40 m	57143	55357
1,40 x 0,40 m	55556	54166
Média geral	56191	55293

### 4.2 Características Morfológicas

As médias dos dados obtidos para as características morfológicas da planta são apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3.

Na Tabela 4.2 constam os resultados referentes à altura da planta, altura de inserção da espiga, relação entre altura da espiga e altura da planta e diâmetro do colmo.

**Tabela 4.2** – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para a causa de variação espaçamento e valores médios de altura de planta (A), altura de inserção da espiga (AIE), relação entre altura da espiga e altura da planta (AIE/A) e diâmetro de colmo (D) de milho em Bandeirantes (PR), 2017.

Tratamentos	A (m)	AIE (m)	AIE/A	D (mm)
	1,55 <sup>ns(1)</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
0,45 m	2,07	1,16	0,56	23,75
0,70 m	2,19	1,28	0,58	24,12
0,90 m	2,09	1,23	0,58	23,58
1,00 x 0,40 m	2,11	1,19	0,56	24,50
1,40 x 0,40 m	2,06	1,14	0,54	23,52
DMS	0,18	0,56	0,05	2,70
CV (%)	3,76	6,59	3,99	5,01

<sup>(1)</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

DMS: diferença mínima significativa pelo teste de SNK ao nível de 5 % de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

Não houve diferença estatística significativa para nenhuma variável estudada, o que indica que os tratamentos não influenciaram tais características. Estes resultados concordam com Demétrio et al. (2008) que não observaram influência do espaçamento para as variáveis altura da planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo. Estes resultados demonstram que não houve competição intraespecífica entre as plantas para os diferentes espaçamentos avaliados.

Balémet al. (2014) também não verificaram diferenças significativas para as estaturas de planta e de inserção da primeira espiga com a alteração do espaçamento, porém verificaram que o sistema em fileiras duplas (0,20 x 0,70 m) apresentou maior diâmetro de colmo do que o sistema convencional (0,70 m), contrariando o presente trabalho.

Modoloet al. (2010), por sua vez, assim como Von Pinho et al. (2008) constataram que a redução do espaçamento entrelinhas diminuiu a altura de plantas e de inserção da primeira espiga.

De acordo com diversos autores (KAPPES et al, 2011; FERREIRA et al. 2015; DEMÉTRIO et al. 2008), as características morfológicas relacionadas à altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro do colmo, sofrem maior influência da densidade de plantas e menor influência do espaçamento, isso justifica os resultados encontrados, uma vez que não houve alterações na população de plantas do experimento.

Na Tabela 4.3 são apresentados os resultados referentes ao número de folhas, área foliar e índice de área foliar do milho.

Observa-se que entre os espaçamentos utilizados não foram constatadas diferenças estatísticas significativas para nenhuma característica.

**Tabela 4.3** – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para a causa de variação espaçamento e valores médios de número de folhas (NFo), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) de milho em Bandeirantes (PR), 2017.

Tratamentos	NFo	AF (m <sup>2</sup> )	IAF
		0,76 <sup>ns(1)</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
0,45 m	15,08	0,76	4,14
0,70 m	15,38	0,76	4,34
0,90 m	15,00	0,74	4,14
1,00 x 0,40 m	15,00	0,79	4,35
1,40 x 0,40 m	15,50	0,78	4,24
DMS	1,21	0,13	0,64
CV (%)	3,52	7,33	6,74

<sup>(1)</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

DMS: diferença mínima significativa pelo teste de SNK ao nível de 5 % de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

O número de folhas ficou em torno de 15, o que é considerado normal, pois segundo Almeida et al. (2000) quanto maior a precocidade do material, menor é seu número de folhas, sua área foliar e mais reduzida é a estatura final da planta.

A área foliar, assim como o índice de área foliar também não foram afetados significativamente pela distribuição espacial de plantas, no entanto, observa-se que houve uma redução na área foliar quando se compara aos resultados de Pinotti (2013) que avaliou dois híbridos, em quatro populações e três épocas de semeadura na safrinha e obteve resultados próximo de 1,0 m<sup>2</sup>. Essa característica, aliada ao menor número de folhas, folhas mais eretas e maior índice de área foliar, é favorável ao rendimento de grãos por proporcionar menor interferência de uma planta sobre a outra, melhorando a penetração de luz no dossel, principalmente quando se utiliza maior população por área (TOLLENAAR et al., 1997).

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram aos de Sangoiet al. (2001) que não observaram interferência do espaçamento entrelinhas no número de folhas, na área foliar e no índice de área foliar tanto no estágio V10 como no florescimento das plantas de milho. Maddonniet al. (2001) também não obtiveram alterações na área foliar das plantas utilizando espaçamentos de 0,35 e 0,70 m em quatro híbridos distintos.

Segundo Laueret al. (2004), na fase de florescimento, o milho deve alcançar valores de IAF entre 4 e 5 para otimizar seu desempenho agrônômico, essa condição foi atendida por este experimento como pode ser observado na Tabela 4.3.

Com relação a variável acamamento, verificou-se que não houve plantas acamadas e/ou quebradas na área experimental. O porte baixo apresentado pelas mesmas (Tabela 4.2) pode ter contribuído para essa condição, pois segundo Brachtvoget al. (2009), o acamamento está ligado principalmente ao aumento das estaturas da planta e de inserção da espiga, ao aumento da relação altura de planta/altura de inserção de espiga e à diminuição do diâmetro do colmo, o que não ocorreu no presente trabalho.

### 4.3 Características da Espiga e Componentes Produtivos

As médias obtidas para as variáveis referentes às características de espiga e componentes produtivos encontram-se nas Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6.

Na Tabela 4.4 constam os resultados referentes a diâmetro de espiga, comprimento de espiga, número de fileiras de grãos e diâmetro do sabugo. Para estas características não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, demonstrando não haver influência dos diferentes espaçamentos sobre as variáveis em estudo.

**Tabela 4.4** – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para a causa de variação espaçamento e valores médios de diâmetro de espiga (DE), comprimento de espiga (CE), número de fileiras de grãos (NFi) e diâmetro do sabugo (DS) de milho em Bandeirantes (PR), 2017.

Tratamentos	DE (mm)	CE (cm)	NFi	DS (mm)
	0,85 <sup>ns(1)</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
0,45 m	49,98	17,10	17,95	30,95
0,70 m	50,78	16,52	18,00	31,22
0,90 m	50,42	16,95	17,00	30,52
1,00 x 0,40 m	50,22	17,20	17,00	30,92
1,40 x 0,40 m	50,35	17,02	16,75	31,02
DMS	1,43	1,23	1,55	1,33
CV (%)	1,26	3,18	3,97	1,90

<sup>(1)</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

DMS: diferença mínima significativa pelo teste de SNK ao nível de 5 % de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

Esses resultados corroboram àqueles encontrados por Brachtvoget al. (2009) e Ferreira et al. (2015) que não verificaram diferenças significativas em relação ao arranjo espacial para as mesmas variáveis estudadas. Kappeset al. (2011) também não constataram influência do espaçamento para as variáveis diâmetro do sabugo e número de

fileiras de grãos. De acordo com estes autores (BRACHTVOGEL et al. 2009; FERREIRA et al. 2015; KAPPES et al. 2011), assim como acontece para as características morfológicas apresentadas na Tabela 4.2 , para estas variáveis, a distribuição espacial tem menor impacto quando comparada a densidade de plantas. Além disso, segundo Nielsen (2007), o número de fileiras de grãos é fortemente influenciado pelo genótipo e menos pelo ambiente, por essa razão, quando se utiliza um mesmo híbrido, como no presente trabalho, esta característica tende a ser a menos expressiva, independentemente das condições ambientais.

Na Tabela 4.5 são apresentados os resultados de massa de mil grãos, massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga.

A análise de variância dos dados não demonstrou valores de F significativos para nenhuma das variáveis estudadas, revelando que os tratamentos não interferiram significativamente nas características avaliadas.

**Tabela 4.5** – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para a causa de variação espaçamento e valores médios de massa de mil grãos (MMG), massa de grãos por espiga (MGE) e número de grãos por espiga (NGE) de milho em Bandeirantes (PR), 2017.

Tratamentos	MMG (g)	MGE (g)	NGE
	2,34 <sup>ns(1)</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
0,45 m	352,45	177,05	538,25
0,70 m	384,68	177,35	532,5
0,90 m	411,75	182,98	535,75
1,00 x 0,40 m	392,10	174,78	534,75
1,40 x 0,40 m	387,68	176,72	519,50
DMS	63,02	14,58	43,55
CV (%)	7,25	3,64	3,63

<sup>(1)</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

DMS: diferença mínima significativa pelo teste de SNK ao nível de 5 % de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Modolo et al. (2010), Stacciarini et al. (2010), Demétrio et al. (2008) e Dallastra et al. (2009) os quais não verificaram influência significativa dos diferentes espaçamentos para a massa de mil grãos, evidenciando que não houve variação na competição entre plantas nos diferentes espaçamentos na fase de enchimento de grão.

Para a variável número de grãos por espiga, Takasuet al. (2014a) e Amaral Filho et al. (2005) observaram maiores valores com a redução do espaçamento. Por outro lado, Stacciarini et al. (2010) e Farinelli et al. (2012) não verificaram interferência do espaçamento sobre esta característica.

Brachtvoegelet al. (2009), avaliando as formas de distribuição espacial convencional e equidistante entre plantas em diferentes densidades populacionais, não encontraram diferenças significativas em relação ao arranjo espacial para as variáveis massa e número de grãos por espiga, concordando com o presente trabalho.

Para Lenzi (1992) o número de grãos por espiga está relacionado com o número de fileiras de grãos e número de grãos por fileira, decorrentes do diâmetro e comprimento da espiga respectivamente. De forma coincidente neste estudo, essas características também não foram afetadas pelos espaçamentos.

Na Tabela 4.6 verificam-se os resultados referentes a índice de espiga, número de espigas por hectare e produtividade.

A análise de variância dos dados para estas características permite observar que diferenças estatísticas significativas foram detectadas para todas as variáveis, indicando que os diferentes tratamentos interferiram nas características avaliadas.

**Tabela 4.6** – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para a causa de variação espaçamento e valores médios de índice de espiga (IE), número de espigas por hectare (NEH) e produtividade (P) de milho em Bandeirantes (PR), 2017.

Tratamentos	IE	NEH	P (kg ha <sup>-1</sup> )
	9,70**	8,16**	3,74*
0,45 m	1,07 a	58496,50 a	7725,00 ab
0,70 m	0,98 ab	55850,75 a	8345,00 a
0,90 m	0,92 b	51267,25 a	7953,00 ab
1,00 x 0,40 m	0,93 b	51649,75 a	7063,00 ab
1,40 x 0,40 m	0,82 c	44293,25 b	6223,00 b
DMS	0,14	8521,63	1944,14
CV (%)	6,34	7,22	11,55

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si ao nível 5% de probabilidade pelo teste SNK.

DMS: diferença mínima significativa pelo teste de SNK ao nível de 5 % de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

Quanto ao índice de espigas, observa-se que o espaçamento de 0,45 m foi significativamente superior aos espaçamentos de 0,90 m (fileira simples), 1,00 x 0,40 m (fileira dupla) e 1,40 x 0,40 m (fileira dupla), não diferindo, porém do espaçamento de 0,70 m (fileira simples). Este por sua vez, não diferiu estatisticamente de seu equivalente 1,00 x 0,40 m (fileira dupla) e do espaçamento de 0,90 m (fileira simples), sendo superior apenas em relação ao espaçamento 1,40 x 0,40 m (fileira dupla).

Esses resultados contrariam Porto et al. (2011) que não encontram diferenças significativas para o índice de espigas utilizando espaçamentos de 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0 m. Kappes et al. (2011) também não observaram diferenças significativas para o índice de espigas nos espaçamentos de 0,45 e 0,90 m, assim como Ferreira et al. (2015) que atribuíram essa condição ao fato desta característica ser dependente da genética do híbrido.

Takasuet al. (2014b), por sua vez, verificaram que o espaçamento de 0,45 m apresentou maior índice de espiga em relação ao espaçamento de 0,90 m, corroborando com o presente trabalho. Enquanto isso, Modoloet al. (2010) constataram que o espaçamento de 0,45 m proporcionou maiores índices do que 0,90 e 0,70 m, o que concorda parcialmente com este estudo. Para Sangoiet al. (2009), a redução do espaçamento entrelinhas na lavoura, mantendo-se a densidade constante, promove uma distribuição de plantas mais equidistante, o que favorece a emissão, sobrevivência e contribuição dos perfilhos na produtividade do milho.

Para o número de espigas por hectare, apenas o espaçamento em fileira dupla de 1,40 x 40 m diferenciou-se dos demais apresentando-se inferior. Pereira et al. (2018) avaliando o desempenho agrônômico do milho na região nordeste brasileira em dois espaçamentos (0,45 e 0,90 m) e duas populações de plantas (45.000 e 65.000), obtiveram que o número de espigas por hectare aumentou quando submetido ao espaçamento de 0,90 m na maior população, o que não ocorreu no presente estudo. Já Brachtvogel et al. (2009), avaliando as formas de distribuição espacial convencional e equidistante entre plantas em diferentes densidades populacionais, não encontraram diferenças significativas em relação ao arranjo espacial para número de espigas por hectare.

Em relação à produtividade de grãos, esta foi influenciada pelos tratamentos de modo que o espaçamento de 0,70 m entre fileiras simples foi significativamente superior ao espaçamento de 1,40 x 0,40 m entre fileiras duplas, no entanto, ambos não diferiram dos demais espaçamentos.

Os estudos de distribuição espacial de plantas sobre a produtividade de grãos de milho apresentam resultados bastante diversos. Para Giloet al. (2011), Kappes et al. (2011) e Brachtvogel et al. (2009), a produtividade não é afetada pelos diferentes espaçamentos. Por outro lado, Pereira et al. (2018), Calonego et al. (2011) e Torres et al. (2013) encontraram diferenças estatísticas significativas, onde nos maiores espaçamentos foram obtidos os maiores incrementos de produtividade. Já Modoloet al. (2010), Stacciarini et al. (2010), Nascimento et al. (2012), Silva et al. (2014) e Boiago et al. (2017), observaram que a redução do espaçamento para 0,45 m proporcionou aumento no rendimento de grãos.

Quanto a distribuição em fileiras duplas, Balémet al. (2014) verificaram que maior produtividade de grãos foi obtida nesse sistema. No entanto, Balkcomet al. (2011) observaram que a configuração em fileira dupla não forneceu nenhuma vantagem de rendimento consistente em relação a linha simples.

Esses resultados existentes na literatura podem ser atribuídos a diversos fatores, entre os quais, tipo de híbrido, população de plantas, características climáticas da região, nível de fertilidade do solo, dentre outros (SANGOI et al., 2002).

Neste estudo, altas produtividades foram alcançadas. Isso ocorreu em função de uma associação de fatores, entre os quais, clima favorável durante o ciclo da cultura, utilização de um híbrido de alta performance, adequada fertilização do solo, entre outros.

## 5 CONCLUSÃO

A distribuição espacial em fileiras simples e duplas não afetaram as características morfológicas da planta de milho.

As características de espigas e componentes produtivos: dimensões da espiga despalhada, diâmetro do sabugo, número de fileiras de grãos, massa de mil grãos, massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga não foram afetadas pela distribuição espacial de plantas em fileiras simples e duplas.

Para índice de espigas, número de espigas e produtividade por hectare, a distribuição espacial em fileiras simples de 0,70 m e sua equivalente em fileira dupla (1,00 x 0,40 m) foram semelhantes.

A distribuição espacial de plantas em fileiras simples de 0,70 m apresentou maiores incrementos na produtividade de grãos em relação à fileira dupla de 1,40 x 0,40 m devido aos maiores índice de espigas e número de espigas por hectare.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.
- AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, [s/n], p. 467-473, 2005.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001b.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern. Switzerland: International Potash Institute, 1975. 452 p.
- BALEM, Z.; MODOLO, A.J.; TREZZI, M.M.; VARGAS, T.O.; BAESSO, M.M.; BRANDELERO, E.M.; TROGELLO, E. Conventional and twin row spacing in different population densities for maize (*Zeamays* L.). **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 9, n. 23, p. 1787-1792, 2014.
- BALKCOM, K.S.; SATTERWHITE, J.L.; ARRIAGA, F.J.; PRICE, A.J.; VAN SANTEN, E. Conventional and glyphosate-resistant maize yields across plant densities in single- and twin-row configurations. **Field Crops Research**, [s.l.], v.120, [s/n], p. 330-337, 2011.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84p.
- BOIAGO, R.G.F.S.R.; MATEUS, R.P.G.; SCHUELLTER, A.R.; BARRETO, R.R.; SILVA, G.J.; SCHUSTER, I. Combinação de espaçamento entre linhas e densidade populacional no aumento da produtividade em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 440-448, 2017.
- BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. 382 p.
- BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; ABREU, M.L.; BICUDO, S.J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.

BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf)>; Acesso: 16 maio 2017.

BRITO, S. **Pesquisadores debatem sobre o potencial produtivo do milho na região do Alto Paranaíba**. 2018. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/busca-de-noticias/-/noticia/34482269/pesquisadores-debatem-sobre-o-potencial-produtivo-do-milho-na-regiao-do-alto-paranaiba>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BRUNS, H.A. Comparisonsof Single-RowandTwin-RowSoybeanProduction in theMid-South. **AgronomyJournal**, Madison, v. 103, n. 3, p. 702-708, 2011.

CALONEGO, J.C.; POLETO, L.C.; DOMINGUES, F.N.; TIRITAN, C.S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Primeiro Levantamento – Outubro 2018**. Brasília: Conab, 2018. 129 p.

COX, W.J.; HANCHAR, J.J.; KNOBLAUCH, W.A.; CHERNEY, J.H. Growth, yield, quality, andeconomicsofcornsilageunderdifferentrowspacings. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, [s/n], p. 163-167, 2006.

CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M., VIANA, J.H.M. OLIVEIRA, M.F.; MATRANGOLO, W.J.R.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. **Cultivo do Milho**. 6. ed. Brasília: Embrapa, 2010. Embrapa Milho e Sorgo.

DALLASTRA, A.; FAGUNDES, R.S.; SCHEK, G.; FACCHI, L.; PEREIRA, F.L.R. Produtividade de variedades de milho sobre influência do espaçamento entre linhas e densidade populacional. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 2, p. 128-136, 2009.

DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DIAS, F.S. **Influência do espaçamento e da densidade de semeadura sobre o desempenho de híbridos de milho**. 2017. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

DIAS, V.O.; ALONÇO, A.S.; BAUMHARDT, U.B.; BONOTTO, G.J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1721-1728, 2009.

DOURADO NETO, D.; LIER, Q.J.V.; REICHARDT, K.; RODRIGUES, A.T. Irrigação deve maximizar eficiência no uso da água para garantir a produtividade. **Visão Agrícola: Milho: Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente**, Piracicaba, [s/v], [s/n], p.66-72, 2015. USP-ESALQ.

ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA DA UENP (Bandeirantes). **Dados Agrometeorológicos**. 2017/2018. Disponível em: <<https://neat.uenp.edu.br/estacao/consulta/dados>>. Acesso em: 20 set. 2018.

FANCELLI, A.L. Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre a planta do milho. **Visão Agrícola: Milho: Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente**, Piracicaba, [s/v], [s/n], p. 20-23, 2015. USP-ESALQ.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 21-27, 2012.

FERREIRA, J.P.; RODRIGUES, R.A.F.; KANEKO, F.H.; KAPPES, C.; ARF, M.V.; GOÉS, R.J. Características agronômicas do milho sob arranjos espaciais e densidades de plantas em região de cerrado. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 24, n. 1, p. 27-44, 2015.

FRATTINI, J.A. **Cultura do milho: instruções sumárias**, Campinas: CATI/COT, 1975. 26p.

FUMAGALLI, M.; MACHADO, R.A.F.; FIORINI, I.V.A.; PEREIRA, C.S.; PIRES, L.P.M.; PEREIRA, H.D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

GILO, E.G.; SILVA JUNIOR, C.A.; TORRES, F.E.; NASCIMENTO, E.S.; LOURENÇÃO, A.S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado sul-mato-grossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **BioscienceJournal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 908-914, 2011.

GUIMARAES, D.P.; LANDAU, E.C. Zoneamento agrícola. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **Cultivo do Milho**. 9. ed. Brasília: Embrapa, 2015.

HARTTERSLEY, P. W. Characterization of C4 type leaf anatomy in grasses (Poaceae). Mesophyll: bundle sheath area ratios. **Annals of Botany**, London, v. 53, n. 6, p. 163-179, 1984.

KANEKO, F.H. **Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em dois espaçamentos entre linhas**. 2009. 74f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2009.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.G.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KUMAR, S.N.; ASHOK, T.; ANSHUKA, S. Development and testing of twin row drum planter for maize. **Global Journal of Multidisciplinary Studies**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 198–205, 2016.

LAUER, J.G.; ROTH, G.W.; BERTRAM, M.G. Impact of defoliation on corn forage yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, [s/n], p. 1459-1463, 2004.

LENZI, E.A. **População e distribuição espacial de plantas em cultura de milho (*Zeamays L.*)**. 1992. 106 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Agricultura, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 1992.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effect on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, [s/l], v. 71, [s/n], p. 183-193, 2001.

MATTOSO, M.J.; GARCIA, L.C.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C. Aspectos de produção e mercado do milho. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 95-104, 2006.

MELO FILHO, G.A.; MATTOSO, M.J. Coeficientes técnicos. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **Cultivo do Milho**. 9. ed. Brasília: Embrapa, 2015.

MODOLO, A.J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na região sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.

NASCIMENTO, E.S.; GILO, E.G.; TORRES, F.E.; SILVA JUNIOR, C.A.; OLIVEIRA, L.V.A.; LOURENÇÃO, A.S. Resposta de híbridos de milho a diferentes espaçamentos entre linhas. **Nucleus**, [s.l.], v.9, n.2, p. 131-139, 2012.

NIELSEN, R.L. Ear sized determination in corn. **Corny News Network Articles**, West Lafayette, 2007. Disponível em: <<http://www.kingcorn.org/news/timeless/EarSize.html>> Acesso em: 08 nov. 2018.

NUMMER FILHO, I.; HENTSCHEKE, C.W. Redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 92, 2006.

OTTMAN, M.J., WELCH, L.F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.

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

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; KARAM, D. **Milho: redução do espaçamento entre linhas: uma adoção tecnológica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 126 p. (Documentos, 163).

PEREIRA, V.R.F.; CHIODEROLI, C.A.; ALBIERO, D.; SILVA, A.O.; NASCIMENTO, E.M.S.; SANTOS, P.R.A. Desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes

arranjos espaciais no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 5, p. 2976-2983, 2018.

PINOTTI, E.B. **Avaliação de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Agricultura, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013.

PORTALSINGENTA. **Status Viptera3**. Disponível em: <<https://www.portalsingenta.com.br/semences-milho-status-viptera-3>>. Acesso em: 15out. 2017.

PORTO, A.P.F.; VASCONCELOS, R.C.; VIANA, A.E.S.; ALMEIDA, M.R.S. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no planalto de Vitória da Conquista – BA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 208-214, 2011.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim, 100)

RESENDE, S.G. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.

REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; MARTOVANI, E.C.; FRIZZONE, J.A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 266, n. 4, p. 503-511, 2004.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plantphysiology**. 2.ed. Belmont: Wadsworth, 1994, 682p.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 01, n. 02, p. 63-72, 2002.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C.F.; PLETSCH, A.J.; VIERIA, J.; GATTELLI, M.A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 325-331, 2009.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JÚNIOR, G.J.; SOUZA, C.A.; CASA, R.T.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; MACHADO, G.C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 268-277, 2012.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. Arranjo de plantas e desempenho agronômico do milho. In: WORDELL FILHO, J. A.; ELIAS, H.T. **A Cultura do Milho em Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: Epagri, 2012. Cap. 3. p. 114-160.

SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agronômico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. 226f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

SILVA, A.F.; SCHONINGER, E.L.; CAIONE, G.; KUFFEL, C.; CARVALHO, M.A.C. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 64 p.

STACCIARINI, T. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BOERGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; ARF, O.; HAGA, K.I. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamentos entrelinhas. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2014 a.

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; HAGA, K.I.; ARF, O.; GITTI, D.C. Características agronômicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas. **Revista Agrarian**, Dourados, v.7, n.26, p.485-495, 2014 b.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSENKA, S.P. Grainyield reduce more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, s/n, p. 239-246, 1997.

TORRES, F.E.; LANGHI, G.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.; CORRÊA, C.C.G.; OLIVEIRA, E.P. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na região do cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l], v. 36, n. 4, p. 411-416, 2013.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Washington, DC: USDA, 2018. 31 p. Foreign Agricultural Service.

VON PINHO, R.G.; GROSS, M.R.; STEOLA, A.G.; MENDES, M.C. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio direto na região sudeste do Tocantins. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 733-739, 2008.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400 p.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas climático da região sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012, 333p.