



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PAULO HENRIQUE CAZARIM

**ARRANJOS DE PLANTAS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE
FUNGICIDA NO DESEMPENHO PRODUTIVO E
SEVERIDADE DE DOENÇAS NO MILHO**

Londrina
2021

PAULO HENRIQUE CAZARIM

**ARRANJOS DE PLANTAS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE
FUNGICIDA NO DESEMPENHO PRODUTIVO E
SEVERIDADE DE DOENÇAS NO MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli.

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

C386 Cazarim, Paulo Henrique.
Arranjos de plantas associados à aplicação de fungicida no desempenho produtivo e severidade de doenças no milho / Paulo Henrique Cazarim. - Londrina, 2021.
78 f. : il.

Orientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva .
Coorientador: Claudemir Zucareli.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Zea mays L - Tese. 2. Espaçamento entrelinhas - Tese. 3. Densidade de plantas - Tese. 4. Produtividade - Tese. I. Aguiar e Silva , Marcelo Augusto de . II. Zucareli, Claudemir. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

PAULO HENRIQUE CAZARIM

**ARRANJOS DE PLANTAS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE
FUNGICIDA NO DESEMPENHO PRODUTIVO E
SEVERIDADE DE DOENÇAS NO MILHO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e
Silva
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. André Sampaio Ferreira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. José Henrique Bizzarri Bazzo
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Londrina, 19 de fevereiro de 2021.

Dedico este trabalho as pessoas que, desde o início, quando decidi que me formaria Engenheiro Agrônomo, acompanharam o meu esforço e dedicação, e sempre acreditaram em mim, me dando força e incentivo: meus pais, **Luiz Antonio Cazarim** e **Zenilda Maria Sinegallia Cazarim**, meu irmão, **Luiz Guilherme Cazarim**, demais familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e determinação para continuar seguindo em frente diante de todas as dificuldades.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, pela orientação, confiança, paciência, amizade e ensinamentos transmitidos.

Agradeço ao meu co-orientador, Professor Dr. Claudemir Zucareli, por estar sempre disposto a ajudar, pela atenção e instruções de grande valia.

Agradeço a Universidade Estadual de Londrina, em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela infraestrutura e pela oportunidade de cursar o Mestrado ao lado de grandes profissionais.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa de estudos concedida, a qual foi de grande importância no decorrer desses dois anos.

Agradeço ao colega Dr. Lucas Henrique Fantin, pelo direcionamento inicial com relação às avaliações de doenças foliares.

Agradeço aos Professores Dr. André Sampaio Ferreira e Dr. José Henrique Bizzarri Bazzo, por toda atenção, disponibilidade e valiosas contribuições.

Agradeço ao colega doutorando Gabriel Danilo Shimizu, pelo auxílio na análise estatística dos dados obtidos e elaboração de gráficos e tabelas.

Agradeço ao meu pai, minha mãe, meu irmão e ao meu primo Engenheiro Agrônomo, Victório Sinegallia Costa, que também estiveram presentes em algumas etapas.

Agradeço a colega Ana Paula Ferreira Dominoni e aos estagiários Murilo Arruda Corsi e Bruno Wismeck Negrao, que abriram mão de seu tempo e se dispuseram a ajudar, principalmente durante a árdua fase de implantação do ensaio.

Agradeço a toda equipe dos Laboratórios, Estufas e Fazenda Escola, que me auxiliaram enquanto estive presente realizando minhas atividades.

Agradeço as empresas Limagrain e Pioneer Sementes, pelo fornecimento das sementes necessárias a execução deste projeto.

Por fim, agradeço a todos que não mencionados, porém de uma forma ou de outra, contribuíram para que este trabalho pudesse ter sido realizado.

Muito obrigado!!!

CAZARIM, Paulo Henrique. **Arranjos de plantas associados à aplicação de fungicida no desempenho produtivo e severidade de doenças no milho.** 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

Arranjos de plantas compostos pelo espaçamento fileira dupla no milho podem favorecer a interceptação da radiação solar pelo dossel e, conseqüentemente, o desempenho produtivo da lavoura. Entretanto, é possível que o microclima proporcionado por este espaçamento, sobretudo quando associado a altas densidades de plantas, favoreça a ocorrência de doenças foliares, o que aumentaria a necessidade da aplicação de fungicidas. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de arranjos compostos pelos espaçamentos de 0,45 m e fileira dupla associados à aplicação de fungicida sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares do milho cultivado em primeira e segunda safra. Foram conduzidos dois experimentos independentes (com e sem fungicida) na primeira e segunda safra, sob delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram de dois espaçamentos entrelinhas (0,45 m) e fileira dupla (0,30 x 0,60 m), e as subparcelas de quatro densidades de plantas (59.200, 74.000, 81.400 e 96.200 plantas ha⁻¹). Para a primeira safra, foi utilizado o híbrido de milho P3380H, e para segunda safra, o híbrido LG36600 Agrisure Viptera 3. No estádio V8, foi aplicado fungicida no experimento controle. Foram avaliados: estande inicial, diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga, altura de plantas, índice de área foliar, severidade de doenças foliares, incidência de enfezamentos (2a safra), acamamento (2a safra), estande final, número de espigas por planta, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, número de grãos por metro quadrado e produtividade de grãos. Não há efeito do fungicida e dos espaçamentos entrelinhas sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares, na primeira e na segunda safra. A severidade da mancha branca diminui conforme o aumento na densidade de plantas, na segunda safra. Em condições de primeira safra, pode haver incremento significativo no rendimento de grãos em função de densidades de plantas elevadas.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; espaçamento entrelinhas; densidade de plantas; produtividade.

CAZARIM, Paulo Henrique. **Plant arrangement associated to fungicide application on corn yield and severity of leaf diseases.** 2021. 78 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) –State University of Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Plant arrangements made of twin row spacing on corn might favor interception of solar radiation by the crop canopy and hence, its yield performance. However, it is possible that the microclimate provided by this row spacing, mainly when associated to elevated plant densities, favors the occurrence of leaf diseases, which would increase the need of fungicide application. Based on that, it was aimed to assess the effect of arrangements made of 0,45 m and twin row spacing associated to fungicide application on the corn yield performance and severity of leaf diseases, grown on season and offseason. Two independent experiments were conducted (with and without fungicide) on season and offseason under randomized block design with split plot arrangement, with four replications. Plots consisted of two row spacing, (0,45 m) and twin row (0,30 x 0,60 m). On the subplots it were set four plant densities (59.200, 74.000, 81.400 and 96.200 plants ha⁻¹). In season it was used the hybrid P3380H, and in offseason, the hybrid LG36600 Agrisure Viptera 3. At V8 growth stage it was applied fungicide at the control treatment. It were assessed: initial stand, stem diameter, ear insertion height, plant height, leaf area index, severity of leaf diseases, stunt incidence (offseason), lodging (offseason), final stand, ears per plant, ear length, ear diameter, number of grains per ear, one thousand grain weight, number of grains per square meter and yield. There are no fungicide and row spacing effects on the yield performance and severity of leaf diseases, on season and offseason. White spot severity declines as plant density increasing, on offseason. On season, it might be significant yield increments as a function of elevated plant densities.

Key-words: *Zea miz* L.; row spacing; plant density; yield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 – Fluxograma de fatores que afetam o rendimento de grãos das culturas.....23

ARTIGO

- Figura 1** – Dados diários de precipitação pluvial, temperaturas médias, máximas e mínimas, referentes ao período de condução do experimento para 1^a (a) e 2^a safras (b). S: semeadura; V5, V7, V8: cinco, sete e oito folhas completamente desenvolvidas, respectivamente; VT: pendoamento; 1AS, 2AS, 3AS, 4AS, 5AS, 6AS, 7AS: primeira, segunda, terceira, quarta, quinta, sexta e sétima avaliação de severidade de doenças foliares, respectivamente; C: colheita. Londrina-PR, 2021 50
- Figura 2** – Diâmetro médio do colmo (DC) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 2^a safra. Londrina – PR, 2021 57
- Figura 3** – Diâmetro médio do colmo (DC) em função dos espaçamentos 0,45 m e fileira dupla: (a) 2^a safra. Londrina – PR, 2021 58
- Figura 4** – Altura média de inserção da espiga (AIE) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 2^a safra. Londrina – PR, 2021 58
- Figura 5** – Índice de área foliar médio (IAF) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 2^a safra. Londrina – PR, 2021 59
- Figura 6** – Área média abaixo da curva de progresso da Mancha Branca (AACPMB) em função da densidade de plantas: (a) 2^a safra. Londrina – PR, 2021 60
- Figura 7** – Número médio de espigas por planta (EP) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 2^a safra. Londrina – PR, 2021 61
- Figura 8** – Comprimento médio de espiga (CE), diâmetro médio de espiga (DE) e número médio de grãos por espiga (NGE) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 2^a safra, (c) 1^a safra, (d) 1^a safra. Londrina – PR, 2021 62
- Figura 9** – Massa média de mil grãos (MMG) e número médio de grãos por metro quadrado (NG m⁻²) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 1^a safra. Londrina – PR, 2021 63

Figura 10 – Produtividade média (PROD) em função da densidade de plantas: (a)	
1ª safra. Londrina – PR, 2021	64

LISTA DE TABELA

ARTIGO

- Tabela 1** – Caracterização química do solo da camada de 0-20 cm de profundidade para 1ª e 2ª safras. Londrina – PR, 202150
- Tabela 2** – Estande desejado (ED), e inicial (EI) e final (EF) médio de plantas obtido para 1ª e 2ª safras. Londrina-PR, 202154
- Tabela 3** – Resumo da análise de variância (p-valor) das variáveis diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); acamamento de plantas (ACAM); número de espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m-2); e produtividade (PROD). Fungicida (F); espaçamento (E); densidade de plantas (D). Londrina-PR, 202156
- Tabela 4** – Coeficiente de correlação de Pearson entre os componentes de rendimento massa de mil grãos (MMG) e número de grãos por metro quadrado (NG m-2), com a produtividade (PROD). Londrina-PR, 2021 64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	ORIGEM, CLASSIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO BOTÂNICA DO MILHO	14
2.2	IMPORTÂNCIA, UTILIZAÇÃO, PRODUÇÃO E MERCADO	15
2.3	MILHO DE PRIMEIRA SAFRA	17
2.4	MILHO DE SEGUNDA SAFRA	18
2.5	ELEMENTOS CLIMÁTICOS NA CULTURA DO MILHO.....	19
2.5.1	Água	19
2.5.2	Radiação Solar	20
2.5.3	Temperatura	21
2.6	ARRANJO DE PLANTAS	22
2.6.1	Densidade de Plantas.....	23
2.6.2	Espaçamento Entrelinhas.....	25
2.6.3	Espaçamento Fileira Dupla.....	27
2.6.4	Arranjos de Plantas e Doenças.....	28
2.7	PRINCIPAIS DOENÇAS DE OCORRÊNCIA NO MILHO NO BRASIL	30
2.7.1	Cercosporiose.....	30
2.7.2	Queima de Turcicum.....	31
2.7.3	Ferrugem Polissora.....	32
2.7.4	Mancha Branca	32
2.7.5	Enfezamentos (Pálido e Vermelho)	33
2.8	SEVERIDADE DE DOENÇAS.....	34
	REFERÊNCIAS	35
3	ARTIGO: ARRANJOS DE PLANTAS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO DESEMPENHO PRODUTIVO E SEVERIDADE DE DOENÇAS NO MILHO	46
3.1	RESUMO	46
3.2	ABSTRACT	47
3.3	INTRODUÇÃO	48

3.4	MATERIAL E MÉTODOS	49
3.4.1	Descrição das Áreas Experimentais	49
3.4.2	Delineamento Experimental	50
3.4.3	Implantação e Condução	51
3.4.4	Avaliações Realizadas	52
3.4.5	Análise dos Dados.....	55
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.6	CONCLUSÕES	65
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
3.8	REFERÊNCIAS.....	66

APÊNDICE A – ANÁLISES DE VARIÂNCIA COM MÉDIAS E CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS (1ª SAFRA).....	71
---	-----------

APÊNDICE B – ANÁLISES DE VARIÂNCIA COM MÉDIAS E CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS (2ª SAFRA).....	75
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal utilizado com diversas finalidades, sendo empregado na alimentação humana, animal e na fabricação de biocombustíveis, além de ser um importante componente dos sistemas de sucessão e rotação de culturas. Esta espécie é produzida em diversas localidades e vem apresentando acréscimos significativos na área cultivada, rendimento e produção final, em resposta ao aumento da demanda pelo grão e seus derivados, tornando-a portanto, um potencial mercado a agricultura brasileira.

O Brasil, como um grande produtor de milho, tem sua produção concentrada em duas principais épocas, o cultivo de primeira e segunda safra. Devido serem caracterizadas por condições meteorológicas contrastantes, práticas de manejo diferenciadas para cada situação em específico, dentre as quais o adequado arranjo de plantas, podem proporcionar um melhor desempenho produtivo da cultura, uma vez que ocorrem alterações no aproveitamento dos recursos disponíveis em função dos diferentes arranjos.

O conceito de arranjo de plantas engloba variações possíveis de serem empregadas durante o estabelecimento da lavoura, dentre as quais o espaçamento entrelinhas e densidade de plantas, sendo que busca-se manipulá-las objetivando-se o cultivo com o máximo de plantas possível. O aumento do número de plantas no mesmo espaçamento apresenta um limite, a partir do qual há demasiada competição intraespecífica com efeitos negativos sobre o desempenho das plantas de um modo geral, o que torna necessário estudos envolvendo diferentes arranjos.

Arranjos nos quais é empregado o espaçamento de 0,45 m entrelinhas têm sido comuns nos últimos anos no cultivo de milho, sendo que busca-se ainda, arranjos alternativos, como os compostos pelo espaçamento fileira dupla, o qual devido sua configuração, duas linhas espaçadas mais próximas alternadas por um espaçamento maior, pode proporcionar uma maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa no interior do dossel, aumentando a eficiência fotossintética das plantas. Sob condições de segunda safra, nas quais a intensidade luminosa passa a ser um fator limitante, a técnica poderia proporcionar melhores resultados, sobretudo em maiores densidades de plantas, em razão do maior sombreamento.

Entretanto, é suposto que o cultivo em espaçamento fileira dupla com maiores densidades de plantas possa alterar o microclima no interior do dossel com possível favorecimento do desenvolvimento de patógenos e, conseqüente aumento da severidade dos danos foliares, o que ocasionaria a redução da área foliar fotossinteticamente ativa e anularia

o efeito positivo proporcionado pelo arranjo. Contudo, tal efeito pode ser mitigado pela aplicação de fungicida sobre o dossel da cultura.

Alguns trabalhos buscaram avaliar o desenvolvimento de doenças foliares em arranjos de plantas com densidades elevadas, porém, nenhum deles com foco direcionado ao espaçamento fileira dupla. Neste sentido, considerando a carência de informações a este respeito e a importância do adensamento para maiores produtividades, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de arranjos compostos pelos espaçamentos de 0,45 m e fileira dupla associados à aplicação de fungicida sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares do milho cultivado em primeira e segunda safra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ORIGEM, CLASSIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO BOTÂNICA DO MILHO

O milho tem sua origem na América, mais precisamente no México, a partir de onde foi disseminado por tribos indígenas para outras regiões da América Latina, Caribe, e então Estados Unidos e Canadá. Colonos europeus o introduziram na Europa, e mais tarde, comerciantes o levaram para Ásia e África (RANUN et al., 2014). Sua descendência é baseada em três hipóteses, todas relacionando teosinte e tripsacum: a primeira da conta de que milho, teosinte e tripsacum têm o mesmo ancestral; a segunda, de que o milho originou-se do teosinte; e a terceira, de que o teosinte é originário do milho (VIEIRA JUNIOR; DOURADO NETO, 2008).

Quanto a sua classificação botânica, o milho pertence a família *Poaceae* e ao gênero *Zea*, sendo o nome científico da espécie *Zea mays* (L). Fruto do avanço proporcionado pela domesticação ao longo dos anos, a planta de milho tornou-se altamente dependente do homem para sua sobrevivência, caracterizada por sua robustez, porte ereto, ciclo anual e sobretudo, especializada para produção de grãos (VIEIRA JUNIOR; DOURADO NETO, 2008).

O sistema radicular da planta de milho é descrito de acordo com suas diferentes fases de desenvolvimento. Sob condições ideais à germinação, surge a radícula, que assegura o desenvolvimento inicial da plântula, sendo caracterizada por apresentar-se envolta pela sua estrutura protetora, denominada de coleorriza. A seguir, se desenvolvem as raízes primárias ou seminais, com desenvolvimento direto a partir da semente, pouco ramificadas, e que nutrem a planta até o estabelecimento das secundárias (VON PINHO; SANTO; VON PINHO, 2017). As raízes secundárias ou nodais, caracterizadas por serem fasciculadas (MAGALHÃES; DURÃES, 2008), apresentam desenvolvimento entre o quarto e sexto nó abaixo da superfície do solo, e se destacam, a partir do estágio de seis folhas completamente desenvolvidas, como a principal fonte de nutrientes às plantas. Além destas, há também as adventícias, que se desenvolvem no fim do estágio vegetativo, apresentando como função principal, a sustentação da planta (VON PINHO; SANTO; VON PINHO, 2017).

O colmo da planta de milho é do tipo compacto com nós e entrenós, sendo que o número de nós pode variar de acordo com o genótipo e o ambiente (DUNCAN, 1976). Além de apresentar a função de sustentação às folhas e partes florais, caracteriza-se também por ser um importante órgão de reserva (sacarose), contribuindo desta forma com o

enchimento de grãos, apresentando efeito pronunciado durante o período de senescência foliar, no qual a fotossíntese já não é mais suficiente (MAGALHÃES; DURÃES; GOMIDE, 1996).

As folhas da planta são compostas de duas partes principais, bainha e limbo. A bainha de cada folha apresenta-se envolta no respectivo entrenó e insere-se no nó basal. O limbo, ou lâmina foliar, é plano e mantido ereto por uma nervura central. No ponto de união entre a bainha e o limbo, há a presença de uma estrutura perpendicular denominada de lígula, que restringe a perda de água e evaporação (VIEIRA JUNIOR; DOURADO NETO, 2008), e acima da junção da lígula, ao redor do colmo, a aurícula, que permite a movimentação lateral da folha (VON PINHO; SANTO; VON PINHO, 2017).

O número de folhas por planta, as quais se encontram distribuídas ao longo do colmo de maneira alternada em forma dística, pode variar entre o intervalo de 10 a 21 (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). Na parte mediana do colmo, desenvolvem-se folhas que podem permanecer no estado rudimentar ou desenvolver inflorescências femininas, as espigas, que são recobertas por folhas modificadas, sendo mais comum o desenvolvimento de apenas uma por colmo. Na extremidade superior, desenvolve-se a inflorescência masculina, em forma de panícula, denominada de pendão (VIEIRA JUNIOR; DOURADO NETO, 2008).

Sua semente, fruto do tipo cariópse, consiste de três partes principais: o pericarpo, o endosperma e o embrião. O pericarpo é a parte mais externa da semente, que age como barreira ao ataque de doenças e perda de umidade. O endosperma é o compartimento responsável pelo armazenamento de reserva, contendo amido, minerais e proteínas. O embrião é a planta em miniatura (ESPINOZA, 2008), constituído por um cotilédone (escutelo) e o eixo embrionário, formado pelo coleóptilo, plúmula, radícula e coleorriza (TNANI, 2012).

2.2 IMPORTÂNCIA, UTILIZAÇÃO, PRODUÇÃO E MERCADO

A importância da cultura do milho advém do fato de que é uma gramínea com ampla adaptação de cultivo, desde a latitude 58° N a 40° S, e em altitudes variando do nível do mar até 3.800 metros. É o cereal mais produzido em quantidade no mundo, entretanto ocupando segundo lugar em área cultivada, atrás somente do trigo (MÔRO; FRITSCHENETO, 2017). No Brasil, seu cultivo se destaca por ser um importante componente do sistema de sucessão e rotação de culturas (LANDAU et al., 2015).

Aliado ao cenário de cultivo é evidenciado por ser altamente versátil, com mais de 3.500 usos pela indústria, tanto de forma direta como indireta. Produção de bebidas, cosméticos, fármacos e pães são alguns de seus derivados (MÔRO; FRITSCHÉ-NETO, 2017). Merece destaque seu emprego na produção de biocombustíveis, alimentação humana e animal (DALL' AGNOL; MEIRELLES, 2018), entretanto, seu principal destino é a produção de rações para uso animal (SOLOGUREN, 2015).

Dentre suas particularidades, podem-se citar o alto nível energético, composição por vitaminas do complexo A e B, proteínas, gorduras, carboidratos, amido, fibras, sais minerais, óleo, grandes quantidades de açúcares, entre outras mais capazes de atender as necessidades nutricionais da população (ABIMILHO, 2019). Ainda, ao lado do trigo e do arroz, o milho compõe a tríade dos cereais mais importantes no mundo (MESTERHÁZY; OLÁH; POPP, 2020) com tendência de alavancagem futura na produção em função do aumento da população mundial.

Projeções indicam que a população mundial para 2050, e 2100, será de 9,7 e 11,2 bilhões de habitantes, respectivamente. Essa tendência será acompanhada também pelos aumentos da urbanização e renda per capita, de modo que com maior poder aquisitivo, darão preferência na alimentação para produtos de origem animal, como a carne (FAO, 2018). Segundo Paolinelli (2015), toda vez que se tem um aumento de 20% na renda familiar, dobra-se o consumo de proteína nobre. Portanto, será necessário aumento na produção de milho, visto o cereal se destacar como o mais importante na alimentação animal (ABIMILHO, 2019).

Sob esse cenário de aumento da demanda, e motivado pelas vendas externas, o Brasil tem ampliado sua produção interna, principalmente na segunda safra. Tal volume de produção tem caracterizado o cereal como a terceira cultura que mais gera renda ao país, uma vez que seu cultivo é realizado em todos os estados, por pequenos, médios e grandes produtores, destacando dessa forma sua importância econômica e social (SOLOGUREN, 2015).

De acordo com dados obtidos pelo United States Department of Agriculture (USDA), houve uma produção mundial de 1,11 bilhão de toneladas do grão na safra 2019/2020. Diante desse cenário, os Estados Unidos se apresentaram como o maior produtor, com produção de 345,96 milhões de toneladas, seguidos da China com 260,78, e do Brasil, com 102 milhões de toneladas (USDA, 2020). Convém ressaltar, que das 102 milhões de toneladas produzidas no Brasil, 100,74 são oriundas da primeira e segunda safra (CONAB, 2020).

No país, a produção de milho é caracterizada em grande parte pelo cultivo em duas épocas, primeira safra (ou safra de verão) e segunda safra (ou safrinha). A primeira safra é realizada na época tradicional durante o período chuvoso, já a segunda refere-se ao cultivo sob reduzida quantidade de chuvas, comumente em sucessão a soja, responsável atualmente pela maior área e produção nacional (EMBRAPA, 2015). Na safra 2019/2020, foram produzidos 25,68 e 75,05 milhões de toneladas, na primeira e segunda safra, respectivamente (CONAB, 2020).

Em pesquisa realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é projetado que, em 2029/2030, a produção de milho no país será de 123,9 milhões de toneladas, com limite superior podendo chegar a 150,8 milhões de toneladas. Tal projeção se baseia na forte expansão no cultivo do milho de segunda safra, em áreas liberadas pela cultura da soja, o que não demandará abertura de novas fronteiras. As exportações e a demanda do cereal para produção de etanol serão dois importantes “drivers” neste cenário (MAPA, 2020).

Segundo o último levantamento da safra 2019/2020, foi estimado que o Brasil, em uma área de 17.993 milhões de hectares, considerando primeira e segunda safra, teve uma produtividade média de 5.761 kg ha⁻¹, sendo as regiões centro-oeste (MT, MS, GO e DF), sul (PR, SC e RS) e sudeste (MG, ES, RJ e SP) as maiores produtoras, com produção total de 56.836, 21.663 e 11.764 milhões de toneladas, respectivamente. Nessas mesmas regiões, os principais estados produtores foram Mato Grosso, Paraná e Minas Gerais, com produção de 34.954, 14.947 e 7.524 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2020).

2.3 MILHO DE PRIMEIRA SAFRA

O cultivo do milho de primeira safra refere-se ao milho cujas épocas de semeadura concentram-se desde o final de agosto, na região Sul, até os meses de outubro ou novembro nas regiões Sudoeste e Centro-Oeste (EMBRAPA, 2015). Neste intervalo, a melhor data de semeadura é aquela em que se faz coincidir o período de floração com os dias mais longos do ano, e o enchimento de grãos, com temperatura e radiação solar mais elevados, desde que satisfeita a necessidade hídrica (CRUZ et al., 2010).

Com relação às cultivares recomendadas para o milho de primeira safra, quando se trata de semeaduras realizadas no início do período recomendado pelo zoneamento agroclimático, as cultivares precoces se mostram mais adaptadas, ao passo que para

semeaduras que ocorrem no final desse período, as de ciclo mais longo se destacam, o que se dá em função da soma térmica acumulada (SHIOGA et al., 2015).

Segundo o último levantamento da safra 2019/2020, foi estimado que o Brasil, em uma área de 4.235 milhões de hectares, teve uma produtividade média na primeira safra de 6.065 kg ha⁻¹, sendo as regiões sul (PR, SC e RS), sudeste (MG, ES, RJ e SP) e nordeste (MA, PI e BA) as maiores produtoras, com produção de 10.249, 6.576 e 5.053 milhões de toneladas, respectivamente. Nessas mesmas regiões, os principais estados produtores foram Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Piauí, com produção de 3.935, 4.672 e 2.048 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2020).

O estado do Paraná, nesta mesma safra, em uma área de 352,6 mil hectares, apresentou uma produtividade média de 10.024 kg ha⁻¹, totalizando produção de 3.534 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

2.4 MILHO DE SEGUNDA SAFRA

O cultivo do milho de segunda safra teve suas origens na década de 70 no estado do Paraná, sendo inicialmente denominado de "safrinha" devido às baixas produtividades obtidas em relação ao cultivo de verão. Entretanto, o termo pejorativo não corresponde aos excelentes níveis de produtividade obtidos atualmente nas lavouras, e devido sua importância no cenário nacional, é consagrado como um sistema de destaque (DUARTE, 2015), o qual é resultado dos avanços tecnológicos no sistema de produção ao longo dos anos (GALVÃO et al., 2014).

A semeadura do milho de segunda safra é realizada no período compreendido entre os meses de janeiro a março, sendo o cultivo caracterizado por reduções no regime de chuvas, radiação solar e temperatura na fase final de seu ciclo, tornando-o, portanto, de alto risco (SANS; GUIMARÃES, 2006). Quanto maior o atraso na semeadura, maiores são as chances de perdas devido à ocorrência de seca ou geada (PEREIRA et al., 2009), o que de certa forma faz com que o planejamento da cultura seja iniciado já no cultivo da soja, com vistas a liberar a área o mais rápido possível para o cultivo do milho, optando-se ainda por cultivares de ciclo precoce e superprecoce (DUARTE, 2015).

Apesar das condições meteorológicas desfavoráveis, o cultivo de segunda safra, por ser um importante componente do sistema de sucessão soja/milho, tem apresentado aumento na área cultivada. Tal aumento tem sido impulsionado essencialmente pelo aumento da área de soja, que demanda uma cultura subsequente economicamente viável (LANDAU et

al., 2015), e somado ao fato de que tem passado por aprimoramentos no sistema de produção, maiores produtividades e produção têm sido alcançados (EMBRAPA, 2015).

Segundo o último levantamento da safra 2019/2020, foi estimado que o Brasil, em uma área de 13.757 milhões de hectares, obteve uma produtividade média na segunda safra de 5.456 kg ha⁻¹, sendo as regiões centro-oeste (MT, MS, GO e DF), sul (PR) e sudeste (MG e SP) as maiores produtoras, com produção de 53.917, 11.413 e 5.187 milhões de toneladas, respectivamente. Nessas mesmas regiões, os principais estados produtores foram Mato Grosso, Paraná e Minas Gerais, com produção de 34.608, 11.413 e 2.851 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2020).

O estado do Paraná, em uma área de 2.277 milhões de hectares, figurou com produtividade média de 5.012 kg ha⁻¹. O acompanhamento de safras destaca a redução de 16,5% na produtividade em relação à safra passada, em virtude da estiagem ocorrida em estádios suscetíveis à cultura (CONAB, 2020).

2.5 ELEMENTOS CLIMÁTICOS NA CULTURA DO MILHO

O conhecimento prévio das exigências climáticas da espécie cultivada, em especial precipitação e temperatura, é importante, pois apresentam variações em função das diferentes regiões, influenciando assim a tomada de decisão com relação à escolha da melhor época de semeadura. Assim sendo, uma vez essas exigências atendidas e combinadas com a escolha correta do cultivar, tem-se um aumento das chances de sucesso no cultivo (ZUCARELI et al., 2013).

2.5.1 Água

A demanda hídrica da planta de milho está compreendida entre o intervalo de 400 a 600 mm de precipitação sem a necessidade de irrigação para que produza a contento, (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997), entretanto deve ser levado em consideração que a distribuição das precipitações no decorrer do cultivo é mais importante que o total acumulado (BRAIDO; TOMASELLI, 2010). Vale ressaltar ainda, que o consumo diário de água pelas plantas é variável de acordo com as diferentes fases de desenvolvimento da cultura, além também da densidade de plantas empregada (BERGAMASCHI et al., 2004).

Ribeiro et al (2020) destacam com base em dados do Sistema Irriga®, que a demanda hídrica ou evapotranspiração média diária da cultura, se dá da seguinte forma de

acordo com os diferentes estádios fenológicos: semeadura-emergência (1,3-1,8 mm dia⁻¹); V1-V4 (1,8-2,5 mm dia⁻¹); V9-V12 (3,5-5,0 mm dia⁻¹); V13-Vn (5,0-5,7 mm dia⁻¹); VT-R3 (5,7-6,5 mm dia⁻¹); R4-R6 (3,5-4,0 mm dia⁻¹).

O conhecimento da demanda hídrica permite adotar estratégias de manejo para que não haja deficiência hídrica durante o período crítico da cultura, o qual compreende o intervalo entre o pendoamento e o enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004). Sob restrição hídrica, o processo mais afetado é o de expansão celular, sendo que de modo geral, a fotossíntese e o crescimento das células são inibidos (TAIZ et al, 2017a).

Os componentes de produção mais afetados em casos de ocorrência de déficit hídrico são o número de grãos por espiga, que se dá em função do assincronismo entre emissão dos estigmas e liberação do pólen, levando a formação de espigas com poucos grãos; e o número de espigas por planta, que pode ser explicado pelo atraso na emissão da mesma em função do estresse causado (BERGAMASCHI et al., 2004).

2.5.2 Radiação Solar

A planta de milho é classificada como de metabolismo C₄ (BERGAMASCHI et al., 2004), o que a caracteriza como de alta eficiência na conversão de energia radiante e conseqüentemente, elevada produtividade de biomassa (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997). Isto decorre de sua fisiologia, a qual é mais eficaz na concentração de gás carbônico nas células da bainha dos feixes vasculares, otimizando sua síntese de carboidratos (TAIZ et al., 2017b). Tal fato a leva apresentar ótimo desempenho sob condições de alta exposição a luminosidade, como no Brasil.

Por ser originalmente uma planta de dia curto, a alta exposição a luminosidade pode prolongar sua fase vegetativa e causar aumento no número de folhas, retardando o florescimento. Entretanto, sua resposta ao fotoperíodo se dá somente em latitudes superiores a 33°, apresentando abaixo desta, comportamento fotoneutro (FANCELLI, 2017). Sob condições brasileiras, o efeito do fotoperíodo na produtividade do milho é praticamente insignificante (CRUZ et al., 2010).

Quando da ocorrência de situações nas quais há alta radiação solar, o que acarreta no excesso de excitação que chega ao centro de reação do fotossistema II, há inativação e dano do mesmo, efeito denominado de fotoinibição, que pelo próprio nome, define-se inibição da fotossíntese pelo excesso de luz. Dois tipos de fotoinibição podem ocorrer, a dinâmica e a crônica, sendo a primeira de caráter temporário, e a segunda

irreversível (TAIZ et al., 2017b). Ambas estão entre os fatores de estresse no cultivo do cereal que exigem monitoramento constante (SOUZA; BARBOSA, 2015).

Por outro lado, a exposição a baixa luminosidade também tem implicações negativas. De acordo com Bevilacqua (2012) e Vieira Júnior e Dourado Neto (2008), cerca de 90% da matéria seca acumulada pela planta é oriunda da fixação de gás carbônico. Assim sendo, reduções de interceptação da radiação solar no intervalo de dez a quinze dias após o florescimento, estágio crítico da cultura, causam efeitos diretos sobre o rendimento, devido redução na densidade ou massa de grãos. Ainda, decréscimos de 30 a 40% na radiação solar podem também provocar atraso na maturação (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997).

2.5.3 Temperatura

O intervalo ótimo para o desenvolvimento do milho está compreendido entre 24 e 30°C, de modo que abaixo de 10°C, temperatura considerada basal para a espécie, apresenta desenvolvimento quase nulo, e acima de 30°C, há redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração. Portanto, o ideal é que o intervalo esteja compreendido entre 10 e 30°C (CRUZ et al., 2010), favorecendo desta forma o acúmulo térmico diário requerido por cada cultivar durante as etapas de desenvolvimento.

As etapas de desenvolvimento da planta de milho se dão em função do acúmulo térmico ao longo de seu desenvolvimento, determinando assim o ciclo dos cultivares. Esse acúmulo é resultante da diferença entre a temperatura média diária e a basal, expresso em graus dia (G.D.) acumulados até o florescimento, classificando dessa forma os genótipos em superprecoces (780-830 G.D.), precoces (831-890 G.D.) e normais (890-1200 G.D.) (CRUZ et al., 2010).

Temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem acelerar o florescimento, em virtude do acúmulo precoce dos graus dias requeridos. Por outro lado, abaixo de 15,5°C, pode haver o prolongamento (FANCELLI, 2015). Deve-se considerar também, que o acúmulo pode variar em função da altitude, uma vez que a variação de temperatura é influenciada por esta, o que implica em diferentes estratégias de cultivo para o milho de primeira e segunda safra (SOUZA; BARBOSA, 2015).

Para o milho de primeira safra maiores altitudes reduzem o risco de ocorrência de estresse térmico por altas temperaturas, devido redução na temperatura noturna do ar. O oposto ocorre para regiões de baixas altitudes, onde predominam as temperaturas mais elevadas, responsáveis pela elevação da transpiração diurna e da respiração noturna,

diminuindo desta forma a assimilação líquida diária do carbono (SOUZA; BARBOSA, 2015).

Para o milho de segunda safra, por outro lado, regiões de elevada altitude podem levar ao estresse térmico por baixas temperaturas, diminuindo o metabolismo das plantas. Portanto, áreas com baixas altitudes são mais favoráveis ao cultivo de segunda safra devido a maior temperatura do ar, e também redução do risco de geadas (SOUZA; BARBOSA, 2015). Essas causam os maiores danos nas plantas quando ocorrem entre os estádios de florescimento e o enchimento de grãos (GONÇALVES et al., 2002).

Em casos de temperaturas além, ou aquém do ideal, algumas considerações ainda merecem destaque. Para o solo, temperaturas abaixo de 10 e acima de 42°C prejudicam a germinação das sementes. Para temperatura do ar, sob valores acima de 35°C durante o enchimento de grãos, pode haver alteração na composição proteica dos mesmos, em função da redução de atividade da enzima nitrato redutase e assimilação de nitrogênio pelas plantas; acima de 32°C, há redução na viabilidade do grão de pólen. Regiões que apresentem temperaturas médias diárias inferiores a 19°C, e médias noturnas inferiores a 12,8°C, no verão, não são recomendadas ao cultivo (FANCELLI, 2015).

2.6 ARRANJO DE PLANTAS

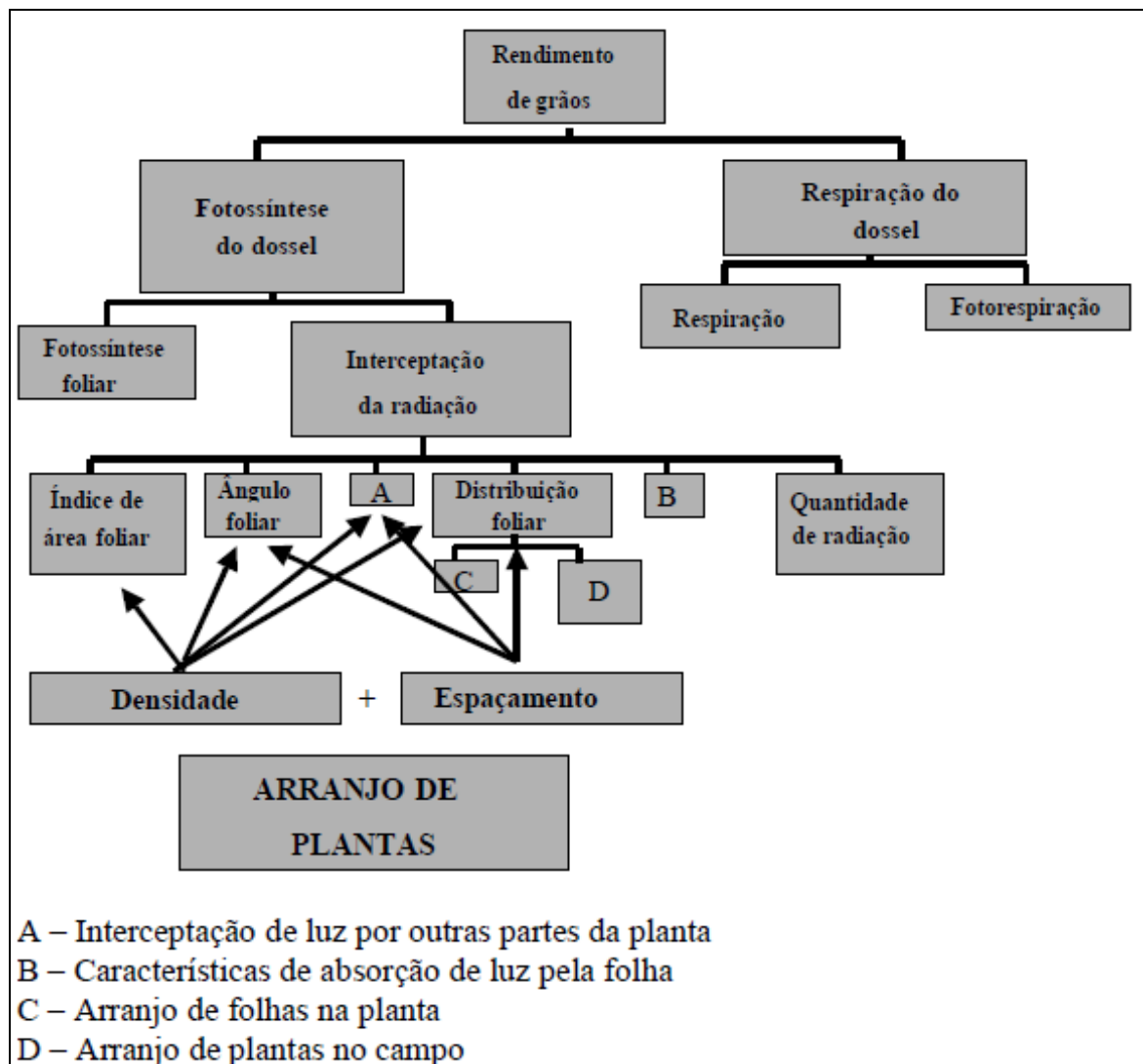
Uma das práticas de manejo no cultivo do milho é a manipulação do arranjo de plantas considerando a variação da densidade de plantas, espaçamento entrelinhas e distribuição espacial (entre plantas) e temporal (uniformidade de emergência) de plantas na linha. As duas últimas podem ser influenciadas por fatores como classificação adequada de sementes quanto ao formato, incompatibilidade entre tamanho/formato da semente com o disco da semeadora, regulagem da semeadora, velocidade do trator e condições inadequadas de temperatura e umidade do solo (SANGOI et al., 2010). Tais fatores quando adequados, contribuem para o adequado estabelecimento da lavoura e consequente aumento da interceptação da radiação solar (SANGOI et al., 2012).

A interceptação da radiação solar pelo dossel das culturas é um dos principais fatores determinantes da produtividade, e como demonstrado em fluxograma adaptado por Argenta et al (2001) (Figura 1) e sintetizado por Schmitt (2014), é função de fatores modulados pela interação entre espaçamento e densidade, como índice de área foliar, ângulo foliar, interceptação de luz por outras partes da planta, arranjo de folhas na planta e também, arranjo de plantas no campo.

Diante do exposto, estudos com arranjo de plantas justificam-se com base

no desenvolvimento de novos híbridos, os quais apresentam modificações morfológicas como menor estatura, área e ângulo foliares, e maior tolerância ao adensamento. Essas modificações tornam necessárias novas pesquisas a fim de definir a melhor combinação entre densidade e espaçamento entrelinhas visando alcance de maiores produtividades (STRIEDER et al., 2007).

Figura 1- Fluxograma de fatores que afetam o rendimento de grãos das culturas.



2.6.1 Densidade de Plantas

A densidade de plantas é definida como o número de plantas por unidade de área, e tratando-se da cultura do milho, esta variável é de grande importância (CRUZ; PEREIRA FILHO; ALVARENGA, 2017). O milho é caracterizado por sua baixa prolificidade e plasticidade, o que não lhe confere capacidade de compensação dos

componentes de rendimento em casos de falhas no estabelecimento da lavoura. Desta forma, o ajuste da densidade ideal de plantas é fundamental para o alcance de altas produtividades (TEIXEIRA, 2015).

O cultivo adotando-se baixas densidades, por proporcionar uma menor competição intraespecífica, faz com que a produtividade por planta seja maximizada e a por área, diminuída. Por outro lado, para densidades crescentes, a produtividade por planta é diminuída, e a por área, aumentada, até a quantidade de plantas na qual a produtividade por área atinge o máximo. A partir deste ponto, passa ocorrer redução gradual de ambas (FORNASIERI FILHO, 1992).

De modo oposto ao cultivo com baixas densidades, para altas, é destacado maior interceptação da radiação solar, em função do maior índice de área foliar obtido (SARMENTO et al., 2020); maior dominância apical (SANGOI, 2001), o que causa o desenvolvimento de plantas mais altas (FARINELLI; PENARIOL; FORNASIERI FILHO, 2012), com maior altura de inserção de espigas e de colmos de menor diâmetro (BRACHTVOGEL et al., 2012); menor prolificidade, com menor tamanho de espigas, menor número de grãos por espiga e menor massa de mil grãos (SHER et al., 2017). Destaca-se ainda, que tal condição torna as plantas mais propensas ao acamamento, o que decorre de alterações no acúmulo de carboidratos no colmo e resistência do mesmo, e também sobre a estrutura e funcionamento radicular (XUE et al., 2017). Desta forma, é importante a identificação da densidade máxima possível de ser empregada, a qual varia para cada genótipo.

A identificação de genótipos capazes de tolerar altos níveis de competição intraespecífica merece grande atenção, caso contrário pode vir a ser uma estratégia falha (HAEGELE et al., 2014). O adensamento pode acarretar menor formação de primórdios florais, baixa polinização devido ao maior intervalo entre pendoamento florescimento e alta taxa de aborto de grãos após a fertilização, reduzindo o número de grãos por espiga (OTEGUI, 1997; ZHANG et al., 2018). Também deve-se considerar a variação na densidade em função de cada condição de cultivo.

Sob condições das altas latitudes, nas quais o período da estação estival de crescimento é menor, demandando portanto genótipos menos exigentes em soma térmica, mais precoces, há necessidade do emprego de maiores densidades de plantas na busca pelo maior rendimento de grãos. Tal demanda se dá em função de que os referidos genótipos apresentam menores número de folhas, área foliar e estatura, desta forma, o aumento na densidade gera um índice de área foliar que pode maximizar a interceptação da radiação solar

(SANGOI; SILVA, 2006).

Para condições de cultivo nas quais há maior disponibilidade de recursos no meio, a densidade de plantas deve ser aumentada a fim de que o máximo potencial produtivo possa ser alcançado (CRUZ et al., 2010). Como exemplo, têm-se as maiores densidades de plantas empregadas nos cultivos de primeira em relação aos de segunda safra (DUARTE, 2015). Shioga et al (2004) destacam que o emprego entre 10 e 20% a menos de plantas na segunda safra mostra-se mais convencional.

Para condições de primeira safra, trabalhando com as densidades de 50, 70 e 90.000 plantas ha^{-1} , Demétrio et al (2008) obtiveram os melhores resultados com 75 e 80.000 plantas ha^{-1} . Porém, Teixeira et al (2009) sob densidades de 40, 60, 80 e 90.000 plantas ha^{-1} , avaliando cinco genótipos, obtiveram como densidade média máxima ideal para os mesmos, 66.469 plantas ha^{-1} . Em trabalho conduzido por Brachtvogel et al (2012), com densidade variando de 30 a 105.000 plantas ha^{-1} , o máximo rendimento obtido foi com o emprego de 67.167 plantas ha^{-1} . Para dois locais de cultivo, nas densidades de 42, 52, 62 e 85.000 plantas ha^{-1} , Boiago et al (2017) alcançaram máximo rendimento com 75 e 85.000 plantas ha^{-1} .

Sob condições de segunda safra, Calonego et al (2011), dentro do intervalo de 45 a 75.000 plantas ha^{-1} , obtiveram maior desempenho produtivo para 75.000 plantas ha^{-1} , entretanto, sem diferir estatisticamente da de 60.000 plantas ha^{-1} . Trabalhando nas densidades de 30, 45, 60 e 75.000 plantas ha^{-1} , com semeadura nos meses de janeiro, fevereiro e março, Pinotti et al (2014) alcançaram as maiores produtividades, nos respectivos meses, quando da adoção de 70.856, 51.745 e 50.446 plantas ha^{-1} . Kopper et al (2017) observaram maior rendimento para 70 comparado a 60.000 plantas ha^{-1} . Zoz et al (2018), ao trabalharem com as densidades de 60 e 75.000 plantas ha^{-1} , obtiveram maiores rendimentos para 60.000 plantas ha^{-1} .

2.6.2 Espaçamento Entrelinhas

Nos primórdios do cultivo o espaçamento adotado era determinado de acordo com a quantidade de espaço necessário para que os animais pudessem arrastar os equipamentos nas entrelinhas de semeadura (BAYER, 2015). Com o avanço da mecanização e práticas de produção, o espaçamento entrelinhas do milho foi reduzido de 1,00 m para 0,76 m nas áreas produtoras dos Estados Unidos, e algumas pesquisas atuais ainda sugerem que uma redução além de 0,76 m poderia trazer ganhos de rendimento na cultura (MACKEY, 2013), em função do padrão das cultivares modernas.

As melhorias nas cultivares, alcançadas pelo melhoramento genético ao longo dos anos, permitiram o cultivo sob espaçamento de 0,45 m, dentre as quais, pode-se citar arquitetura mais ereta, menor estatura, decréscimo no tamanho do pendão, menor taxa de senescência durante o enchimento de grãos, menor índice de plantas estéreis, entre outras (PEREIRA FILHO; CRUZ; KARAM, 2013). Estas características tornaram possível otimizar a eficiência na utilização da luz com aumento da densidade de plantas (AMARAL FILHO et al., 2005).

Como pontos positivos desta prática, destacam-se o rápido fechamento das entrelinhas da cultura, suprimindo desta forma o desenvolvimento de plantas daninhas e evitando a perda de água do solo por evaporação; maior proteção da superfície do solo, impedindo possíveis erosões; e maior espaço entre plantas, o que permite melhor aproveitamento dos recursos do meio e o emprego de densidades de plantas mais elevadas (PEREIRA FILHO; CRUZ; KARAM, 2013). Observa-se também, melhor distribuição de sementes no sulco de semeadura, e também de fertilizantes, devido menor velocidade de trabalho dos sistemas distribuidores (BALBINOT JÚNIOR; FLECK, 2005); melhor eficiência na absorção e no uso da água; e melhor eficiência de defensivos, em função do espaçamento entre pontas nas barras de pulverização. Deve-se considerar contudo, que em casos de déficit hídrico, pode ocorrer maior perda de água por evaporação da superfície foliar (PEREIRA FILHO; CRUZ; KARAM, 2013).

Entretanto, as vantagens são maior em número do que as desvantagens, o que tem impulsionado sua adoção e, associado ainda a maiores densidades de plantas, com incrementos em produtividade, tornando-se desta forma uma prática empregada pelos produtores no Brasil. Esse sistema apresenta vantagem operacional devido ao emprego do mesmo espaçamento adotado para soja, o que permite a utilização da mesma semeadora sem ajustes nesse sentido. Também há no mercado plataformas de colhedoras que realizam a colheita nesse espaçamento (CRUZ et al., 2007).

Para condições de milho de primeira safra, ao avaliar os espaçamentos entrelinhas de 0,40, 0,60 e 0,80 m, Demétrio et al (2008) obtiveram o melhor resultado em produtividade quando da adoção do espaçamento de 0,40 m. Porém, Teixeira et al (2009) trabalhando com os espaçamentos de 0,40 e 0,80 m, não obtiveram incremento no rendimento de grãos com a redução do espaçamento para os genótipos avaliados. Vazquez et al (2012) ao trabalharem com os espaçamentos de 0,45, 0,70 e 0,80 m, observaram incremento de 11% no rendimento de grãos com espaçamento de 0,45 m em relação aos de 0,70 e 0,80 m, os quais não diferiram. Em experimento realizado por Lana et al (2014), o espaçamento de 0,45 m

proporcionou maior rendimento em relação ao de 0,90 m.

Sob condições de segunda safra, Schwantes et al (2007) observaram desempenho produtivo semelhante nos espaçamentos entrelinhas de 0,38 e 0,76 m. Nascimento et al (2012) trabalharam com os espaçamentos de 0,45 m e 0,90 m, obtendo maior resultado médio em produtividade para o de 0,45 m. Em trabalho conduzido por Torres et al (2013), o maior rendimento de grãos foi obtido no espaçamento de 0,90 m em relação ao de 0,45 m. Ao testar os espaçamentos de 0,40, 0,60 e 0,80 m, Zoz et al (2018) obtiveram maior produtividade no espaçamento de 0,40 m.

Considerando a divergência de resultados de rendimento em trabalhos com redução de espaçamento já realizados, que por vezes ausentes, por vezes positivos (0 a 10%) (STRIEDER et al., 2008), torna-se importante que cada situação de cultivo seja avaliada de forma pontual e não generalizada, recomendando-se o uso da tecnologia somente quando todos os recursos para incremento em produtividade estiverem sido esgotados, prática mais comum em lavouras tecnificadas e com manejo especializado (PEREIRA FILHO; CRUZ; KARAM, 2013). Para tanto, visando-se identificar esses recursos e obter respostas satisfatórias desse sistema, estudos se fazem necessários, dando base até mesmo, para linhas de pesquisa com outros espaçamentos.

2.6.3 Espaçamento Fileira Dupla

O espaçamento fileira dupla consiste na semeadura de duas filas espaçadas mais próximas alternadas por um espaçamento maior (MADALOZ; HAUAGGE, 2014). Teoricamente, a melhor distribuição de plantas alcançada com tal configuração poderia proporcionar maior interceptação da radiação solar no interior do dossel, contribuindo segundo Argenta (2001), para uma maior eficiência fotossintética das plantas. Em condições brasileiras, mais especificamente na segunda safra, na qual a radiação solar passa a ser um fator limitante (MAGALHÃES et al., 2007), a técnica poderia proporcionar melhores resultados, sobretudo em maiores densidades.

Robles et al (2012) observaram que sob espaçamento fileira dupla (0,2 x 0,56 m), houve aumento na interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa alcançando valores de 13 e 22% em dois anos de estudo, porém somente quando mensurada no estágio de oito folhas completamente desenvolvidas. Novacek et al (2013), no mesmo espaçamento, observaram valores da ordem 4,2 e 2,3% em dois anos de experimento, todavia somente no estágio de nove folhas completamente desenvolvidas.

A radiação solar fotossinteticamente ativa corresponde a 45% da radiação solar total que atinge a superfície terrestre, sendo caracterizada pelos comprimentos de onda que variam de 400 a 700 nanômetros. Incrementos na sua interceptação pela molécula de clorofila presentes nas folhas podem desempenhar efeitos positivos sobre a fisiologia das plantas, uma vez que a densidade de fluxo radiante, na ausência de maiores limitações, resulta na formação de material necessário ao crescimento e rendimento das culturas (LOPES; LIMA, 2015).

Gozubenli et al (2004), trabalhando com espaçamento fileira dupla (0,2 x 0,60 m) obtiveram 4% de incremento em produtividade em relação ao espaçamento de 0,80 m, sendo que os rendimentos máximos foram obtidos nas densidades de 90 e 105.000 plantas ha⁻¹. Já Novacek et al (2013), trabalhando na mesma linha de pesquisa, (0,20 x 0,56 m), porém sob irrigação, não constataram diferença significativa entre o espaçamento de 0,76 m e o fileira dupla, sendo que a densidade que maximizou o rendimento foi de 93.000 plantas ha⁻¹. Efeito positivo no rendimento foi observado por Willians et al (2014) no espaçamento fileira dupla (0,20 x 0,71 m) em relação ao de 0,91 m, em cinco dentre sete experimentos.

2.6.4 Arranjos de Plantas e Doenças

O ajuste do arranjo de plantas no cultivo do milho normalmente é trabalhado com foco no espaçamento entrelinhas e na densidade de plantas, buscando-se a combinação mais apropriada para cada condição de cultivo, não sendo comumente analisado o fator doença. Tal observação foi pontuada e abordada por Sangoi et al (2000), de modo que a partir de então, poucos estudos foram realizados buscando-se confrontar os resultados, como constatado não muito recentemente, por Kappes et al (2013).

Da mesma forma, porém de modo oposto, trabalhos que avaliam doenças não tendem a focar seu desenvolvimento sobre diferentes arranjos, sendo normalmente realizados na densidade ideal recomendada para cada cultivar e não sob condições de adensamento, em que refletem desta forma, a realidade de grande parte das lavouras. Nestes casos, avaliam-se mais precisamente o grau de resistência a doenças dos materiais cultivados, e eficiência e épocas de aplicação de diferentes fungicidas. À exemplo, tem-se o trabalho desenvolvido por Brito et al (2013) em condições de primeira safra, e o de Moterle e Santos (2019), na segunda safra.

Porém, na busca por maiores informações sobre adensamento, avaliar a interação entre arranjos de plantas e doenças se torna importante, uma vez que podem ocorrer

alterações no microclima local proporcionado. Fontoura (2005) não observou alteração de temperatura no interior do dossel em função dos diferentes arranjos, sob condições de segunda safra. Porém Gutierrez (2010), em condições de primeira safra, observou que a prática do adensamento com a redução do espaçamento entrelinhas até 0,40 m, proporciona diminuição da temperatura máxima do ar e do solo, e aumento da umidade do ar e do solo, o que pode favorecer o desenvolvimento de doenças.

Sob densidades de plantas elevadas Sangoi et al (2003) destacaram que há menor circulação de ar no interior do dossel da cultura, o que favorece um maior período de deposição de orvalho sobre as folhas, estimulando assim a germinação de esporos de fungos causadores de doenças foliares, com efeito pronunciado dos exigentes em períodos de molhamento. Desta forma, além de ser necessária a identificação de genótipos que tolerem maior competição intraespecífica, é desejável também que apresentem maior nível de sanidade.

Sangoi et al (2000) avaliando doenças foliares em quatro híbridos em cultivo de primeira safra, no espaçamento entrelinhas de 0,80 m e densidades de 50, 75 e 100.000 plantas ha⁻¹, observaram somente diferença entre híbridos.

Em trabalho realizado por Silva et al (2008), em condições de primeira safra, a severidade de doenças foliares não diferiu entre as densidades variando de 40 a 80.000 plantas ha⁻¹. Neste mesmo estudo, no espaçamento entrelinhas de 0,50 m, foi observado maior severidade de doenças em relação ao de 0,80 m, entretanto, com baixos níveis, em virtude da tolerância do híbrido.

Prando et al (2010), ao trabalharem com milho de primeira safra, avaliando os arranjos compostos dos espaçamentos entrelinhas de 0,45, 0,67 e 0,90 m, sob densidade de 55.000 plantas ha⁻¹, observaram que os espaçamentos não influenciaram a severidade das doenças avaliadas, justificando o ocorrido pelo fato de que a redução do espaçamento provavelmente não alterou a circulação de ar no interior do dossel.

Em milho de segunda safra, Silva et al (2012), avaliando a cercosporiose em três híbridos, nos espaçamentos entrelinhas de 0,45 e 0,90 m, e densidades de 78 e 100.000 plantas ha⁻¹, observaram que o incremento na quantidade de plantas por área esteve relacionado com a redução da severidade da mancha. Os autores atribuem tal fato em decorrência de que a maior densidade de plantas diminuiu a circulação de ar no interior do dossel, impedindo a disseminação de conídios do patógeno.

Kappes et al (2013), trabalhando com cinco híbridos na segunda safra e avaliando a ferrugem tropical, nos espaçamentos entrelinhas de 0,45 e 0,90 m, e densidades

de 50, 60, 70, 80 e 90.000 plantas ha⁻¹, não observaram significância para espaçamento, porém para híbridos e densidades, de modo que a severidade da doença apresentou comportamento linear decrescente conforme o aumento na quantidade de plantas por área.

Desta forma, considerando que pode ocorrer a presença de mais de uma doença em específico no cultivo, quando da detecção, o primeiro passo a se realizar para um adequado programa de controle é a correta identificação das mesmas (HENNINGG et al., 2014), uma vez que direciona possíveis práticas de manejo a serem adotadas e permite tomadas de decisão mais assertivas.

2.7 PRINCIPAIS DOENÇAS DE OCORRÊNCIA NO MILHO NO BRASIL

Dentre as doenças de ocorrência na cultura do milho no Brasil, merecem destaque a Cercosporiose, Queima de turcicum, Mancha branca, Ferrugem polissora e os Enfezamentos, Pálido e Vermelho. Deve-se considerar que a importância de cada uma é variável de ano para ano e região para região, em função das condições meteorológicas, do nível de suscetibilidade das cultivares e do sistema de plantio empregado pelos produtores (COTA et al., 2013).

2.7.1 Cercosporiose

A Cercosporiose, ou Mancha de cercóspora, é uma das doenças mais importantes da cultura do milho em todo mundo (WARD et al., 1999). No Brasil, os primeiros relatos de danos significativos foram registrados no sudoeste goiano no milho de primeira safra do ano agrícola 1999/2000, e no de segunda safra do ano 2000. Posteriormente, também foi constatada nos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (CASELA; FERREIRA, 2003).

Condições favoráveis ao desenvolvimento da doença são reportadas como longos períodos de alta umidade relativa do ar para que a infecção ocorra, sendo as folhas inferiores da planta as primeiras a serem infectadas, servindo dessa forma como fonte de inóculo as superiores (STROMBERG, 2009). Paul e Munkvold (2005) observaram que a esporulação do patógeno é alta em 100% de umidade relativa e temperaturas entre 25 e 30°C, entretanto acima de 25°C o tamanho das lesões e o número não aumentou significativamente.

Os sintomas iniciais da doença podem ser descritos como lesões pontuais circundadas por halo amarelo. A identificação inicial é mais difícil, mas conforme as lesões

progridem, tomam forma alongada, caracterizadas por manchas estreitas e retangulares, paralelas e delimitadas pelas nervuras foliares, com coloração variando de marrom a acinzentada (WISE, 2010). Lesões mais desenvolvidas apresentam tamanho de 1 a 6 cm de comprimento e largura de 2 a 4 mm, que podem coalescer e tomar a aparência de uma única lesão (CASELA; FERREIRA, 2003).

Em Iowa, nos Estados Unidos da América, foi reportado que para cada 1% a mais de severidade no final do estágio R4, o rendimento de grãos foi reduzido em 47,6 kg ha⁻¹ em um híbrido suscetível e 35,7 kg ha⁻¹ em um híbrido moderadamente tolerante. Em Cedara, na África do Sul, foram obtidos valores de redução no rendimento de grãos de 41,7 e 43,3 kg ha⁻¹ para cada 1% de aumento da severidade (WARD et al., 1999). Ward et al (1994) ressalta que a doença pode causar perdas de 20 a 60% na produção de grãos dependendo da suscetibilidade do material.

2.7.2 Queima de Turcicum

A Queima de turcicum, também conhecida como Helminthosporiose, trata-se de uma doença de distribuição mundial (SANGIT KUMAR et al., 2011). No Brasil, é amplamente disseminada nas áreas de cultivo (PEREIRA et al., 2005), sendo considerada na região sul do país uma das principais manchas foliares presentes na cultura (REIS et al., 2004).

A doença se desenvolve em condições de umidade relativa do ar entre 75 e 90%, e temperatura no intervalo de 18 e 27°C, com o ótimo sob 20°C. Dessa maneira, seu estabelecimento se torna possível nos cultivos de primeira e segunda safra, entretanto, ocorre em maior intensidade na segunda safra. O desenvolvimento do patógeno é correlacionado negativamente com o fotoperíodo, intensidade de luz e concentração de açúcar nas plantas, condições essas encontradas no cultivo de segunda safra, explicando dessa forma a maior severidade da mancha nesses cultivos (FERNANDES; OLIVEIRA, 2000).

Os sintomas da doença podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura, sendo característicos por apresentarem manchas iniciais pequenas, ovais e verdes acinzentadas, que se desenvolvem em lesões necróticas alongadas fusiformes. As lesões apresentam dimensões de até 12 mm de largura e 2,5 a 15 cm de comprimento, paralelamente à margem da folha (SINGH et al., 2019).

Quando a doença se instala antes do florescimento da cultura, os danos podem chegar a 50% (CASELA et al., 2006; PRICE et al., 2016). Já quando se instala entre seis e oito semanas após o florescimento, as perdas são mínimas (SINGH et al., 2019).

2.7.3 Ferrugem Polissora

A Ferrugem polissora é caracterizada por ser entre as doenças que atacam a cultura do milho, a mais agressiva na região central do Brasil, ocorrendo durante o ano todo nas regiões centro-oeste e sudeste. Já na região sul, mais precisamente no estado do Paraná, sua presença é observada apenas nas semeaduras realizadas após o mês de dezembro, entretanto com menor agressividade (PEREIRA et al., 1997).

Regiões com temperaturas médias na faixa de 26 a 30°C, prolongados períodos de elevada umidade relativa do ar e altitudes abaixo de 700 m, são as mais propícias ao desenvolvimento do patógeno (COSTA et al., 2015).

Os sintomas típicos da doença constituem a formação de pústulas de formato circulares a ovais, com coloração marrom-clara, predominantemente distribuídas na face superior das folhas, entretanto podem ser observados em toda a parte aérea das plantas (COSTA et al., 2015).

2.7.4 Mancha Branca

A Mancha branca do milho, também conhecida como Pinta branca, é uma doença que se instalou no Brasil na década de 80, com danos não significativos a produção devido à maior ocorrência no final do ciclo da cultura (FERNANDES; OLIVEIRA, 2000). Entretanto, a partir da década de 90, teve sua importância aumentada tanto na primeira como também segunda safra (ROLIM et al., 2007), sendo atualmente de ocorrência em todas as regiões produtoras do país (COSTA et al., 2010).

Fantin et al (2005) destacam que as condições propícias ao desenvolvimento da doença são longos períodos chuvosos e nublados. Segundo Sabato e Fernandes (2014), temperaturas noturnas entre 14 e 20°C, na presença de umidade relativa do ar acima de 60%, favorecem sua disseminação e desenvolvimento. Essas condições podem ser encontradas em regiões acima de 600 m de altitude (PEREIRA et al., 2005).

O aparecimento nas folhas de manchas cloróticas aquosas é o sintoma inicial característico, que posteriormente tornam-se necróticas e de coloração palha

(BOMFETI et al., 2007). Apresentam formato inicial circular, e posteriormente também forma elíptica, com diâmetro entre 0,3 a 1 cm. Encontram-se dispersas no limbo foliar, e em alguns casos na palha da espiga. Atacam inicialmente as folhas inferiores, e depois progridem para as superiores, tornando-se mais severas após o pendoamento (COSTA et al., 2011).

Folhas com severidade entre 10 e 20% apresentam redução da taxa fotossintética líquida da ordem de 40% (GODOY et al., 2001), sendo que materiais suscetíveis podem apresentar perdas de até 60% da produção (FERNANDES; OLIVEIRA, 2000). Segundo Carson (2005), para cada 1% de aumento da severidade da mancha no estádio R5 da cultura, há uma redução de 0,23% na produtividade e de 0,16% no peso dos grãos.

2.7.5 Enfezamentos (Pálido e Vermelho)

Os enfezamentos, dentre as doenças de ocorrência na cultura do milho, têm sido as mais preocupantes nas últimas safras, com perdas severas reportadas em várias regiões do país. Trata-se de uma doença sistêmica ocasionada pela infecção dos tecidos do floema das plantas, por bactérias da classe Mollicutes. O enfezamento pálido é causado pelo procarionte *Spiroplasma kunkelli* Whitcomb, já o enfezamento vermelho, pelo *Maize bushy stunt phytoplasma*. Ambos são transmitidos de forma persistente propagativa pela cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (SILVA et al., 2017).

A maior importância dessas doenças ocorre nos cultivos tardios e de segunda safra, o que está relacionado à maior população do vetor (MASSOLA JÚNIOR, 2001). Segundo Bianchini (2001), o pico populacional da cigarrinha do milho é nos meses de março/abril, período em que o milho se encontra nos estádios iniciais de desenvolvimento, sendo mais suscetível à doença e ao aparecimento de sintomas.

Os sintomas do enfezamento pálido, em geral, incluem estrias cloróticas delimitadas que se iniciam na base das folhas, porte reduzido, encurtamento de entrenós, brotos nas axilas foliares e cor avermelhada nas folhas, podendo também ocorrer enfraquecimento do colmo e proliferação de espigas (COTA et al., 2020). Dependendo da cultivar, as plantas secam e morrem ou tombam antes da maturidade (PINTO et al., 2006).

Para o enfezamento vermelho, os sintomas incluem amarelecimento e/ou avermelhamento das folhas, geralmente iniciando pelas bordas, além também de proliferação de espigas por planta (COTA et al., 2020). No Brasil, tem sido observado que, em geral, as plantas afetadas não apresentam acentuada redução de crescimento, embora o tamanho das espigas e o enchimento de grãos sejam seriamente prejudicados (PINTO et al., 2006).

Segundo Nault (1990), em casos de incidência as perdas podem chegar a 100% da lavoura, em função da época de infecção e suscetibilidade da cultivar.

2.8 SEVERIDADE DE DOENÇAS

A severidade é uma medida que busca quantificar a porcentagem de tecido doente em relação ao total de tecido avaliado (DAMASCENO et al., 2014). Assim sendo, o monitoramento por severidade deve ser adotado como medida de manejo integrado, visto possibilitar prever níveis futuros da doença, facilitando dessa forma a indicação de quando pulverizar fungicidas, dose mais eficiente e alternância entre eles (COSTA et al., 2008). Cumpre ressaltar ainda, que o adequado arranjo de plantas apresenta influência sobre o progresso de determinada epidemia (FORCELINI, 2015).

Desta forma, em casos de aumento da densidade de plantas torna-se importante avaliar se a severidade de doenças ocorre com maior intensidade em um arranjo específico, uma vez que esta pode estar sendo o fator limitante ao incremento no número de plantas por área, e não permitindo a máxima expressividade de determinado cultivar, dado que altas produtividades na cultura do milho estão relacionadas com a interação entre o genótipo utilizado e o sistema de manejo empregado pelo produtor (SANGOI et al., 2006).

Além da quantificação de determinada doença por meio da severidade, conhecer seu potencial de dano permite um olhar mais crítico sobre a lavoura. Fantin et al (2010), trabalhando com quantificação da redução de produtividade com base na severidade de doenças foliares em milho, obtiveram resultados de correlação negativa significativa entre ambas, e observaram que para cada 1% de aumento da severidade da Mancha branca (2^a safra), Mancha de cercospora (2^a safra), e da Ferrugem polissora (1^a safra), há uma redução de 2% na produtividade do milho. Para Queima de turcicum (2^a safra), observaram que para cada 1% de aumento na severidade, há uma redução de 0,5% na produtividade.

REFERÊNCIAS

AMARAL FILHO, J. P. R. do.; 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, n. 3, 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, 2001.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Benefícios e limitações da redução do espaçamento entre linhas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 5, n. 1, p. 37-41, 2005.

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 (*Zea mays* L.). **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 9, n. 23, p. 1787-1792, 2014.

BAYER. **Pros and cons of different corn row spacings**. 2015. Disponível em: <<https://www.dekalbasgrowdeltapine.com/en-us/agronomy/pros-and-cons-of-different-corn-row-spacing.html>>. Acesso em: 21/06/2019.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BEVILACQUA, L. B. **Sazonalidade da concentração de CO₂ atmosférico em uma área agrícola no RS**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BIANCHINI, I. **Identificação molecular de isolados do fitoplasma do enfezamento vermelho do milho coletados no Estado de São Paulo**. 2001. 44 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BOIAGO, R.; GARCIA, R.; SCHUELTER, A. R.; BARRETO, R. R.; SILVA, G. J.; SCHUSTER, I. Combinação de espaçamento entrelinhas 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.

BOMFETI, C. A.; MEIRELLES, W. F.; SOUZA-PACCOLA, E. A.; FERREIRA, A. S.; MARRIEL, I. E.; MEIRELLES, L. D. P. Avaliação de produtos químicos comerciais, in vitro e in vivo, no controle da doença foliar, mancha branca do milho, causada por *Pantoea ananatis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 63-67, 2007.

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**, Chapadinha, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.

BRAIDO, L. M. H.; TOMMASELLI, J. T. G. Caracterização climática e dos anos extremos

(Chuvoso e seco): Seus efeitos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja para a região do Pontal do Paranapanema - SP. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n. 17, p. 13-34, 2010.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, REZENDE, J. L. A.; BALESTRE, M. Controle químico da cercosporiose, mancha-branca e dos grãos ardidos em milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 629-635, 2013.

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

CARSON, M. L. Yield loss potential of *Phaeosphaeria* leaf spot of maize caused by *Phaeosphaeria maydis* in the United States. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 9, p. 986-988, 2005.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. **A cercosporiose na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 5 p. (Circular Técnica 24).

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. **Doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14 p. (Circular Técnica 83).

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 7 - Safra 2019/20 – Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-68, setembro de 2020.

COSTA, F. M.; BARRETO, M.; KOSHIKUMO, E.S.M.; ALMEIDA, F.A. Progresso da ferrugem tropical do milho (*Zea mays* L.), sob diferentes tratamentos fungicidas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 248-252, 2008.

COSTA, R. V. da; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Doenças. In: CRUZ, J. C. **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistema de produção 1).

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; LANZA, F. E. **Recomendações para o controle químico da mancha branca do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 6 p. (Circular Técnica 167).

COSTA, R. V.; SILVA, D. D. ; COTA, L. V. **Reação de Cultivares de milho à ferrugem polissora em casa de vegetação**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2015. 5 p. (Circular Técnica 214).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SABATO, E. O.; SILVA, D. D. **Histórico e perspectivas das doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 7 p. (Circular Técnica 193).

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; MEIRELLES, W. F.; SOUZA, I. R. P.; OLIVEIRA, I. R.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Deteção de patógenos causadores de enfezamento no estado do paraná na safrinha 2019**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 15 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 204).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C. Preparo do solo e plantio. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. G. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 76-106.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; FILHO, M. R. A. **Cultivo do milho**. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>>. Acesso em: 18/06/2019.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de.; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

DALL'AGNOL, A.; MEIRELLES, W. F. **Milho como alimento e como biocombustível**. 2018. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2019/08/06/milho-como-alimento-e-como-biocombustivel/>>. Acesso em: 18/10/2020.

DAMASCENO, V. F. F.; FURTADO, E. L.; FERREIRA-FILHO, P. J. Comparação de dois métodos de elaboração e validação de escala diagramática para a quantificação da severidade da mancha de *Cylindrocladium* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 3, p. 248-255, 2014.

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.

DUARTE, A. P. **Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção**. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Manejo_cultura-artigo4.pdf>. Acesso em: 06/07/2019.

DUNCAN, W. G. Maize. In: EVANS, L. T. **Crop physiology: some case histories**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. 373 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de Produção Embrapa: cultivo do milho**. 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658>. Acesso em: 23/11/2020.

ESPINOZA, L. Growth and development. In: ESPINOZA, L.; ROSS, J. **Corn production handbook**. 2008. Disponível em: <<https://www.uaex.edu/publications/pdf/mp437/MP437.pdf>>. Acesso em: 16/06/2019.

FANCELLI, A. L. **Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre a planta de milho**. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo1.pdf> Acesso em: 27/10/2020.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. G. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 49-75.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997. p. 157-170.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; CASTRO, J. L.; DUDIENAS, C.; PEREIRA, J. O. F.; JUNIOR, A. P.; GELLER, C.; BRAGATO, E. L.; KIRNEW, P. A.; CRUZ, F. A. Severidade em cultivares de milho safrinha na região paulista do Vale do Paranapanema em 2004 e 2005. In: VIII SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 2005, Assis. **Resumos expandidos** [...]. Campinas: Instituto Agrônomo, 2005. p. 309-318.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; DUDIENAS, C. Quantificação de danos causados por diferentes níveis de severidade de doenças foliares à produtividade do milho. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2010, Goiânia. **Resumos expandidos** [...]. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 790-797.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The future of food and agriculture – alternative pathways to 2050**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>>. Acesso em: 25/10/2020.

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

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. de. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 80 p. (Circular Técnica 26).

FONTOURA, Darci da. **Influência do espaçamento, população de plantas e híbridos na intensidade de doenças e fatores de produção de milho safrinha**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2005.

FORCELINI, C. A. **Mudanças em plantas, ambiente e patógenos afetam controle de doenças**. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Protecao_plantas-artigo4.pdf>. Acesso em: 12/12/2020.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP. 1992. 273p.

GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; NETO, R. F. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 819-828, 2014.

GODOY, C. V.; AMORIM, L. & BERGAMIN FILHO, A. Alterações na fotossíntese e na transpiração de folhas de milho infetadas por *Phaeosphaeria maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 209-215. 2001.

GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; SHIOGA, P.; GERAGE, A. C. Épocas de semeadura do milho safrinha no Paraná com menores riscos climáticos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1287-1290, 2002.

GOZUBENLI, H., M. KILINC, O. SENER, AND O. KONUSKAN. 2004. Effects of single and twin row planting on yield and yield components in maize. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 2, p. 203–206, 2004.

GUTIERREZ, Mariangela Alves. **Microclima e características agronômicas em diferentes espaçamentos e populações na cultura do milho**. 2010. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

HAEGELE, J. W.; BECKER, A. S. H.; BELOW, F. E. Row arrangement, phosphorus fertility, and hybrid contributions to managing increased plant density of maize. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 5, p. 1838–1846, 2014.

HENNING, A.A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C.V.; SEIXAS, C.D.S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2014. 76 p. (Documentos 256).

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O. Efeito dos arranjos espaciais de plantas na sanidade de híbridos de milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 1 p. 53-65, 2013.

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Produtividade de milho segunda safra em função de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 22, n. ???, p. 1-6, 2017.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; OHLAND, T.; FÁVERO, F. Spacing, population density and nitrogen fertilization in corn grown in an oxisoil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 424-433, 2014.

LANDAU, E. C.; CRUZ, J. C.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. **Expansão potencial da produção de milho 2ª safra no Brasil no sistema de sucessão soja-milho considerando o zoneamento de risco climático 2014/15**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 124).

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. Mecanismos fotossintéticos nas plantas superiores. In: LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da Produção**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 53-116.

MACKEY, Grant. **Twin and narrow row width effects on corn (*Zea mays* L.) yield and weed management**. 2013. 92 f. Dissertation (Master's degree in Plant and Soil Sciences). University of Kentucky, Kentucky, 2013.

MADALOZ, J.; HAUAGGE, T. **Sistema de plantio em linhas pareadas (linhas gêmeas)**. 2014. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-enter/artigos/177/sistema-de-plantio-em-linhas-pareadas-linhas-gemeas>>. Acesso em: 08/03/2021.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Cultivo do milho**. 2008. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35245/1/Ecofisiologia.pdf>>. Acesso em: 10/01/2021.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; GOMIDE, R. L. Fisiologia da cultura do milho. In: BENASSI, A. C.; FULLIN, E. A.; SILVA, J. G. F.; ZANGRANDE, M. B.; FERRAO, R. G.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; DURAES, F. O. M.; SILVA, J. G.; GOMIDE, R. L.; MAGALHAES, P. C.; RESENDE, C. I. **Manual técnico para a cultura do milho no Estado do Espírito Santo**. Vitoria: EMCAPA, 1996. p. 15-34.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio: Brasil 2019/2020 a 2029/2030**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdaAgronegocio2019_20202029_2030.pdf>. Acesso em: 26/12/2020.

MASSOLA JÚNIOR, N. S. Enfezamentos vermelho e pálido: doenças do milho causadas por mollicutes. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 237-243, 2001.

MESTERHÁZY, Á.; OLÁH, J.; POPP, J. Losses in the grain supply chain: causes and solutions. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 6, p. 1-18, 2020.

MORO, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. G. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 9-24.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F. Época de aplicação de fungicida na cultura do milho segunda safra. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 2, p. 61-71, 2019.

NASCIMENTO, E. S.; GILO, E. G.; TORRES, F. E.; SILVA JUNIOR, C. A. da.; OLIVEIRA, L. V. A.; LOURENÇÃO, A. S. Resposta de híbridos de milho a diferentes espaçamentos entre linhas. **Nucleus**, Ituveara, v. 9, n. 2, p. 131-140, 2012.

NAULT, L. R. Evolution of insect pest: maize and leafhopper, a case study. **Maydica**, v. 35, n. 2, p. 165-175, 1990.

NOVACEK, M. J.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D.; YASEEN, M. “Twin rows minimally impact irrigated maize yield, morphology, and lodging,” **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 268–276, 2013.

OTEGUI, M. E. Kernel wet and flower synchrony within the ear of maize: II. Plant population effects. **Crop Science**, v. 37, n. 2, p. 448-455, 1997.

PAOLINELLI, A. **Com demanda ascendente no mundo, milho desponta como cereal do futuro**. 2015. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>>. Acesso em: 13/12/2020.

PAUL, P. A.; MUNKVOLD, G. P. Influence of temperature and relative humidity on sporulation of *Cercospora zea-maydis* and expansion of gray leaf spot lesions on maize leaves. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 6, p. 624-630, 2005.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H.; L, A.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. São Paulo, SP: Ceres, 1997. v. 2, p. 500-515.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo, SP: Ceres, 2005. v. 2, p. 477-488.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; KARAM, D. **Milho: redução do espaçamento entrelinhas - uma adoção tecnológica**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 128 p. (Documentos 163).

PEREIRA, J. L. A. R.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, A. M. A. R. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 676-683, 2009.

PINOTTI, E. B.; BICUDO, S. J.; GODOY, L. J. G.; BUENO, C. E. M. S. Características agrônomicas de cultivares de milho em função da população de plantas e épocas de semeadura. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 25, n. 1, p. 17-33, 2014.

PINTO, N. F. J. A.; SANTOS, M. A.; WRUCK, D. S. M. Principais doenças da cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p.82-94, 2006.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; BIANCO, J. P.; PIAZZOLI, D. Espaçamento na entrelinha e tratamento fungicida em pré-florescimento no desempenho agrônomico do milho. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, n. ???, 2010, Goiânia. **Anais [...]**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 1886-1891.

PRICE, T.; PURVIS, M.; PRUITT, H. A quantitative disease severity rating scale for northern leaf blight. **Plant Health Progress**, Saint Paul, v. 17, n. 1, p. 49-50, 2016.

RANUN, P. PEÑA-ROSAS, J. P.; GARCIA-CASAL, M. N. Global maize production, utilization, and consumption. **Annals of The New York Academy of Sciences**, v. 1312, n. ???, p. 105-112, 2014.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Lavras: Ciências Agrotécnicas, 2004. 331p.

RIBEIRO, B. S. M. R.; ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; FRIEDRICH, E. D.; PILECCO, I. B.; ALVES, S.; PUNTEL, S.; SARMENTO, L. F. V.; STRECK, I. L.; INKLMAN, V. B.; PETRY, M. T.; MARTINS, J. D.; BORTOLUZZI, M. P.; LOOSE, L. H.; BRUNETTO, G.; MARIN, F. R.; ANTOLIN, L. A. S.; BREDEMEIER, C.; VIAN, A. L.; OLIVEIRA, L. F. R. **Ecofisiologia do milho visando altas produtividades**. 1. ed. Santa Maria: 2020. v. 1. 256p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Tradução de Suzana Oellers Ferreira. Goiânia, GO: Potafos, 2003. 20 p. Tradução de: How a corn plant develops.

ROBLES, M.; CIAMPITTI, I. A.; VYN, T. J. Responses of maize hybrids to twin row spatial arrangement at multiple plant densities. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 6, p. 1747-1756, 2012.

ROLIM, G. S.; PEDRO JÚNIOR, M.; FANTIN, G. M.; BRUNINI, O.; DUARTE, A. P.; DUDIENAS C. Modelo agrometeorológico regional para estimativa de Mancha de *Phaeosphaeria* em milho safrinha no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 527-536, 2007.

SABATO, E. O.; FERNANDES, F. T. **Doenças do milho (*Zea mays* L.)**. 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107246/1/Doencas-do-milho.pdf>>. Acesso em: 29/06/2019.

SANGIT KUMAR , K. T.; PARDURANGE GOWDA , S. K. PANT , MEENA SHEKHAR , BUPESH KUMAR , BINEET KAUR , K. HETTIARA CHCHI , O. N. SINGH & B. H. PARSANNA. Sources of resistance to *Exserohilum turcicum* (Pass.) and *Puccinia polysora* (Underw.) incitant of *Turcicum* leaf blight and polysora rust of maize. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 44, n. 6, p. 528-536, 2011.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; BOGO, A.; KOTHE, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados em diferentes densidades de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI, 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 do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 268-277, 2012.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da. **Densidade e arranjo populacional em milho**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm>. Acesso em: 19/10/2020.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010. 67 p.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; HORN, D. Bases morfofisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas. In: IV REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, n. 4, 2003, Lages. **Resumos Expandidos [...]**. Lages: Graphel, 2003. p. 19-24.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. DA.; SILVA, A. A.;ERNANI, P. R.; HORN, D.; STRIEDER, M. L.; SCHMTTI, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônômico de cultivares de milho

em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218-231, 2006.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. **Zoneamento agrícola de riscos climáticos para a cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 5 p. (Circular Técnica 82).

SARMENTO, P. L. V. S.; SOUZA, J. L.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; BASTOS LYRA, G.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; ROCHA, A. E. Q.; MAGALHÃES, I. D.; CAVALCANTE JÚNIOR, C. A. Radiation use efficiency in maize as a function of sowing dates and plant densities. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 27, n. 2, p. 387-396, 2020.

SCHIMITT, Amauri. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônomico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. 226 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) –, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

SCHWANTES, D. O.; SCHUELTER, A. R.; FONTOURA, D.; MAROCHIO. Características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas: safrinha de 2005. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 343-349, 2007.

SHER, A.; KHAN, A.; CAI, L. J.; AHMAD, M. I.; ASHARF, U.; JAMORO, S. A. Response of maize grown under high plant density; performance, issues and management – A Critical Review. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 5, n. 3, p. 1-8, 2017.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C. ARAÚJO, P. M.; BIANCO, R.; CUSTÓDIO, A. A. P. **Avaliação estadual de cultivares de milho safra 2014/2015**. Londrina, PR: IAPAR, 2015. 101 p. (Boletim técnico 85).

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**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 381-390, 2004.

SILVA, D. D.; AGUIAR, F. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Molicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução? In: Flávio Henrique Vasconcelos Medeiros [et al.]. **Novos sistemas de produção**. 1. ed. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2017. p. 32-52.

SILVA, A. G.; CUNHA JÚNIOR, C. R.; ASSIS, R. L. de ; IMOLESI, A. S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônomicos do híbrido de milho 30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 89-96, 2008.

SILVA, R. R.; THEODORO, G. F.; LIBORIO, C. B.; PESSOA, L. G. A. Influência da densidade de cultivo de dois genótipos de milho na severidade da mancha de cercospora e no rendimento de grãos na safrinha. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1449-1454, 2012.

SINGH, V.; SHEKHAR, M.; MEHRA, R.; SINGH, N.; BISHT, S. *Exserohilum turcicum* incidence on *Zea mays* in India: epidemiology and management strategies to minimize yield

losses. In: PRASAD, D.; LAL, G.; AHMAD, I. **Adaptive crop protection management Strategies**. ed. ???, New Delhi: Write & Print Publications, 2019. p. 158-172.

SOLOGUREN, L. **Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção**. 2015. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Importancia-artigo1.pdf>, Acesso em: 21/04/2019.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. M. **Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante**. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo3.pdf>. Acesso em: 09/09/2020.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.; ENDRIGO, P. C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 634-642, 2007.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 346-353, 2008.

STROMBERG, E. L. **Gray leaf spot disease of corn**. 2009. Disponível em: <<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56781/450612.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30/06/2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Água e as células vegetais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017a. p. 83-98.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fotossíntese: reações luminosas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017b. p. 171-202.

TEIXEIRA, M. C. C. **Por que se preocupar com a densidade de semeadura em milho**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/5252480/artigo---por-que-se-preocupar-com-a-densidade-de-semeadura-em-milho>>. Acesso em: 19/10/2020.

TEIXEIRA, M. C. C.; EMYGDIO, B. M.; RODRIGUES, O. **Desempenho de híbridos simples e triplos de milho cultivados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2009. 7 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 72).

TORRES, F. E.; SOUZA, G. L.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; GUEDES, C. C. C. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na região do cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 4, p. 411-416, 2013.

TNANI, Hédia. **The structure and function of maize scutellum during early stages of germination**. 2012. 181 f. Thesis (Doctoral degree in biotechnology) – Universidad de Barcelona, Barcelona, 2012.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. 2020. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 28/10/2020.

VAZQUEZ, G. H.; GARCIA, F. P.; ASSIS, A. V. DE . Influência do espaçamento na produtividade de híbridos de milho sob alta densidade populacional. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 6, n. 2, p. 79-88, 2012.

VIEIRA JUNIOR, P.A; DOURATO NETO, D. Milho. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: fisiologia dos cultivos**. 1. ed. Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres, 2008. p. 129-156.

VON PINHO, R. G.; SANTO, A. O.; VON PINHO, I. V. Botânica. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. G. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 25-48.

WARD, J. M. J.; BIRCH, E. B.; NOWELL, D. C. **Grey leaf spot on maize**. 1994. Pietermaritzburg: Cedara Agriculture Development Institute. (Coordinated extension in Maize in Natal).

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER JR, F. W. Gray leaf spot of maize: a disease of global importance in maize production. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 83, n. 10, p. 884-895, 1999.

WILLIAMS, M. K.; HENINGER, R. W.; EVERMAN, W. J.; JORDAN, D. L. Weed control and corn (*Zea mays*) response to planting pattern and herbicide program with high seeding rates in North Carolina. **Advances in Agriculture**, Londres, v. 2014, n. ???, p. 1-8, 2014.

WISE, K. **Diseases of corn: gray leaf spot**. 2010. Disponível em:
<<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/bp/bp-56-w.pdf>>. Acesso em: 30/06/2019.

XUE, J.; XIE, R.; ZHANG, W.; WANG, K.; HOU, P.; MING, B.; GOU, L.; LI, S. Research progress on reduced lodging of high-yield and density-maize. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 12, p. 2717–2725, 2017.

ZHANG, M., CHEN, T., HOJATOLLAH, L., FENG, X., CAO, T., QIAN, C., DENG, A., SONG, Z., ZHANG, W. How plant density affects maize spike differentiation, kernel set, and grain yield formation in Northeast China? **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 8, p. 1745-1757, 2018.

ZOZ, T.; LANA, M. C.; STEINER, F.; ZOZ, A.; ZOZ, J.; ZUFFO, A. M. Densidade populacional, espaçamento e adubação nitrogenada na semeadura de milho de segunda safra. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 1, p. 103-125, 2018.

ZUCARELI, C.; OLIVEIRA, M. A.; SPOLAOR, L. T.; FERREIRA, A. S. Desempenho agrônômico de genótipos de milho de segunda safra na região Norte do Paraná. **Scientia Agrária Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 3, p. 227-235, 2013.

3 ARTIGO: ARRANJOS DE PLANTAS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO DESEMPENHO PRODUTIVO E SEVERIDADE DE DOENÇAS NO MILHO

3.1 RESUMO

Arranjos de plantas compostos pelo espaçamento fileira dupla no milho podem favorecer a interceptação da radiação solar pelo dossel e, conseqüentemente, o desempenho produtivo da lavoura. Entretanto, é possível que o microclima proporcionado por este espaçamento, sobretudo quando associado a altas densidades de plantas, favoreça a ocorrência de doenças foliares, o que aumentaria a necessidade da aplicação de fungicidas. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de arranjos compostos pelos espaçamentos de 0,45 m e fileira dupla associados à aplicação de fungicida sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares do milho cultivado em primeira e segunda safra. Foram conduzidos dois experimentos independentes (com e sem fungicida) na primeira e segunda safra, sob delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram de dois espaçamentos entrelinhas (0,45 m) e fileira dupla (0,30 x 0,60 m), e as subparcelas de quatro densidades de plantas (59.200, 74.000, 81.400 e 96.200 plantas ha⁻¹). Para a primeira safra, foi utilizado o híbrido de milho P3380H, e para segunda safra, o híbrido LG36600 Agrisure Viptera 3. No estágio V8, foi aplicado fungicida no experimento controle. Foram avaliados: estande inicial, diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga, altura de plantas, índice de área foliar, severidade de doenças foliares, incidência de enfezamentos (2^a safra), acamamento (2^a safra), estande final, número de espigas por planta, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, número de grãos por metro quadrado e produtividade de grãos. Não há efeito do fungicida e dos espaçamentos entrelinhas sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares, na primeira e na segunda safra. A severidade da mancha branca diminui conforme o aumento na densidade de plantas, na segunda safra. Em condições de primeira safra, pode haver incremento significativo no rendimento de grãos em função de densidades de plantas elevadas.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Espaçamento entrelinhas. Densidade de plantas. Produtividade.

PLANT ARRANGEMENT ASSOCIATED TO FUNGICIDE APPLICATION ON CORN YIELD AND SEVERITY OF LEAF DISEASES

3.2 ABSTRACT

Plant arrangements made of twin row spacing on corn might favor interception of solar radiation by the crop canopy and hence, its yield performance. However, it is possible that the microclimate provided by this row spacing, mainly when associated to elevated plant densities, favors the occurrence of leaf diseases, which would increase the need of fungicide application. Based on that, it was aimed to assess the effect of arrangements made of 0,45 m and twin row spacing associated to fungicide application on the corn yield performance and severity of leaf diseases, grown on season and offseason. Two independent experiments were conducted (with and without fungicide) on season and offseason under randomized block design with split plot arrangement, with four replications. Plots consisted of two row spacing, (0,45 m) and twin row (0,30 x 0,60 m). On the subplots it were set four plant densities (59.200, 74.000, 81.400 and 96.200 plants ha⁻¹). In season it was used the hybrid P3380H, and in offseason, the hybrid LG36600 Agrisure Viptera 3. At V8 growth stage it was applied fungicide at the control treatment. It were assessed: initial stand, stem diameter, ear insertion height, plant height, leaf area index, severity of leaf diseases, stunt incidence (offseason), lodging (offseason), final stand, ears per plant, ear length, ear diameter, number of grains per ear, one thousand grain weight, number of grains per square meter and yield. There are no fungicide and row spacing effects on the yield performance and severity of leaf diseases, on season and offseason. White spot severity declines as plant density increasing, on offseason. On season, it might be significant yield increments as a function of elevated plant densities.

Key words: *Zea maiz* L. Row spacing. Plant density. Yield.

3.3 INTRODUÇÃO

Nas condições brasileiras, o cultivo do milho é realizado em duas principais épocas, primeira e segunda safra. A primeira refere-se ao cultivo durante o período chuvoso, e a segunda com quantidade reduzida de chuvas, o que torna esta última uma atividade de alto risco à medida que ocorrem atrasos na semeadura (EMBRAPA, 2015). Assim, considerando as condições meteorológicas contrastantes e objetivando-se atingir o máximo potencial produtivo dos genótipos utilizados em cada ambiente, é essencial que práticas de manejo sejam constantemente avaliadas, com destaque para o ajuste do arranjo de plantas, o qual tem grande influência sobre o desempenho produtivo da espécie (SANGOI et al., 2019).

O arranjo de plantas considera variações na densidade de plantas, espaçamento entrelinhas e distribuição espacial (entre plantas) e temporal (uniformidade de emergência) de plantas na linha, de modo que se busca o emprego da máxima quantidade possível de plantas por área com vistas a maximizar a quantidade de interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa, um dos principais fatores determinantes da produtividade (ARGENTA, 2001). Entretanto, o adensamento de plantas num determinado espaçamento apresenta um limite, a partir do qual ocorre a competição intraespecífica, acarretando no baixo desempenho da lavoura de um modo geral, predominantemente com comportamento quadrático (ASSEFA et al., 2016).

Arranjos nos quais é empregado o espaçamento de 0,45 m têm sido comuns no cultivo do milho nos últimos anos, sendo que se buscam ainda arranjos alternativos, como os compostos pelo espaçamento fileira dupla, o qual devido sua configuração, duas linhas espaçadas mais próximas, alternadas por um espaçamento maior, podem proporcionar maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa (ROBLES et al., 2012; NOVACEK et al., 2013). Em condições de segunda safra, nas quais a intensidade luminosa é reduzida, a técnica poderia proporcionar melhores resultados, sobretudo em lavouras adensadas, nas quais como destacado por Yang et al (2019), há maior competição por luz no interior do dossel.

Porém, o adensamento de plantas em arranjos compostos pelo espaçamento fileira dupla pode vir a desencadear uma alteração de microclima no interior do dossel, em função da alteração de fatores como circulação de ar, temperatura e umidade relativa, proporcionando desta forma, condições ideais ao desenvolvimento de patógenos causadores de doenças foliares, o que anularia o efeito positivo decorrente de determinado arranjo. Contudo, tal ocorrência pode ser mitigada pela aplicação de fungicidas (COTA et al., 2018).

Alguns trabalhos buscaram avaliar o desenvolvimento de doenças foliares em diferentes arranjos de plantas, como os de Sangoi et al (2000), Silva et al (2008), Prando et al (2010), Silva et al (2012), e Kappes et al (2013), entretanto nenhum deles com foco direcionado ao espaçamento fileira dupla. Desta forma, considerando a carência de informações a este respeito e a importância do adensamento para maiores produtividades, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de arranjos compostos pelos espaçamentos de 0,45 m e fileira dupla associados à aplicação de fungicida sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares do milho cultivado em primeira e segunda safra.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Descrição das Áreas Experimentais

Foram conduzidos dois experimentos independentes na primeira e dois na segunda safra (um com e um sem aplicação de fungicida em cada safra). O primeiro experimento foi realizado na primeira safra de 2019/2020, em Londrina-PR, em Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, 2018), localizado a 23°20'27" S e 51°12'48" O, com altitude de 572 m. Já o segundo experimento foi conduzido na segunda safra de 2020, em Guaravera-PR, em Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2018), localizado a 23°40'04"S, 51°10'03"O, com altitude de 650 m.

O clima dos dois locais, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido, com verões quentes, apresentando geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (NITSCHKE et al., 2019). Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná em Londrina (IDR), com exceção dos dados pluviométricos de Guaravera-PR, que foram registrados no local do experimento (Figuras 1a e 1b).

Para a primeira safra, os valores de precipitação acumulada, temperaturas médias, máximas, médias e mínimas foram de: 702 mm, 29,9°C, 24,9°C e 19,9°C, respectivamente. Para a segunda, 545 mm, 27,3°C, 20,9°C e 14,5°C, respectivamente.

As características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm, determinadas antes da instalação dos experimentos estão apresentadas na Tabela 1.

Figura 1 – Dados diários de precipitação pluvial, temperaturas médias, máximas e mínimas, referentes ao período de condução do experimento para 1^a (a) e 2^a safras (b). S: semeadura; V5, V7, V8: cinco, sete e oito folhas completamente desenvolvidas, respectivamente; VT: pendoamento; 1AS, 2AS, 3AS, 4AS, 5AS, 6AS, 7AS: primeira, segunda, terceira, quarta, quinta, sexta e sétima avaliação de severidade de doenças foliares, respectivamente; C: colheita. Londrina-PR, 2021.

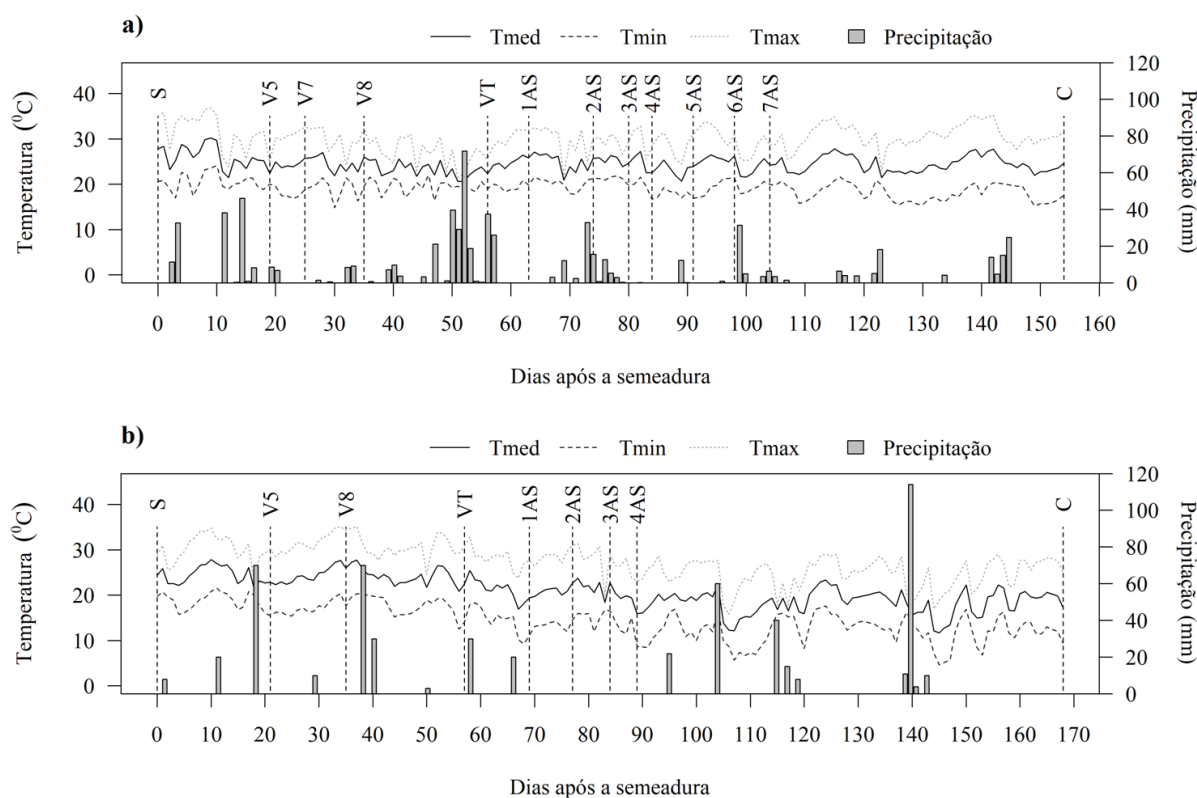


Tabela 1 – Caracterização química do solo da camada de 0-20 cm de profundidade para 1^a e 2^a safras. Londrina – PR, 2021.

Safr	pH	H+Al	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	P	CTC	CTC	MO
	CaCl ₂							pH 7,0	efetiva	
	-----			cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³		%
1 ^a	5,25	4,75	-----	3,77	1,30	0,65	18,66	10,47	5,72	3,20
2 ^a	4,90	5,20	-----	8,13	2,66	0,71	7,49	16,72	11,53	3,21

3.4.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram em dois espaçamentos entrelinhas, (0,45 m), e fileira dupla (0,30 x 0,60 m), e as subparcelas em quatro densidades de plantas (59.200, 74.000, 81.400 e 96.200 plantas ha⁻¹). As subparcelas foram compostas

por seis linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil representada pelas duas linhas centrais, descontados 1,0 m das extremidades, totalizando 2,7 m².

3.4.3 Implantação e Condução

O híbrido de milho utilizado na primeira safra foi o P3380H, o qual é recomendado para a primeira safra na região norte do Paraná e apresenta como características agronômicas elevado potencial produtivo, superprecocidade de florescimento e maturação, e excelentes sanidade e arquitetura de plantas (PIONNER, 2020).

Para a segunda safra, foi utilizado o híbrido LG36600 Agrisure Viptera 3, recomendado para a segunda safra na região norte do Paraná, caracterizado como de grão semiduro alaranjado, ciclo superprecoce, arquitetura foliar aberta, boa tolerância ao acamamento e quebramento de plantas, moderada suscetibilidade a doenças foliares, com restrição de uso em áreas de alta pressão de viroses e Mollicutes, causadores do complexo de enfezamentos (LIMAGRAIN, 2019).

As sementeiras da primeira e segunda safra foram realizadas mecanicamente nos dias 26/10/2019 e 08/02/2020, respectivamente, ambas em área anteriormente ocupada com cultura do trigo.

Para o espaçamento de 0,45 m, foi realizada a sementeira com a semeadora em sua configuração original. Já para o espaçamento fileira dupla (0,30 x 0,60 m), foi realizada a sementeira com a semeadora no espaçamento de 0,90 m, e depois, com o auxílio de uma balisa (régua de madeira de cinco metros), posicionada 0,30 m paralelamente a cada sulco, foram abertos os demais sulcos manualmente. A mesma balisa foi desenvolvida como um gabarito, para que as sementes fossem uniformemente distribuídas, também manualmente.

Para que fossem alcançadas as densidades de plantas desejadas, a sementeira foi toda realizada com base na maior densidade, com a quantia de sementes já corrigida anteriormente de acordo com o teste de germinação. As menores densidades foram obtidas por meio do raleio, no estágio de cinco folhas completamente desenvolvidas (V5), registrando-se neste momento o estande inicial de plantas.

A adubação de base utilizada foi ajustada de acordo com a análise de solo (Tabela 1) e seguindo as recomendações técnicas (PAULETTI; MOTTA, 2017), a qual consistiu de 436 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08, para a primeira, e 451 kg ha⁻¹ do mesmo formulado, para a segunda safra. Nos sulcos abertos manualmente, a distribuição do

fertilizante foi realizada na quantidade exata por linha das subparcelas, também manualmente e, logo em seguida, foi coberto, visando evitar o contato do mesmo com as sementes.

A adubação de cobertura, na primeira safra, foi parcelada em duas vezes, nos estádios V5, após o raleio, e V7, sendo que foram aplicados 90 kg de N ha⁻¹ em cada estádio, totalizando 180 kg de N ha⁻¹. Para a segunda, foi realizada no estádio V5, após o raleio, na quantia de 130 kg de N ha⁻¹. A fonte utilizada nos dois experimentos foi o sulfato de amônio (21% N), distribuído manualmente na quantia exata por linha das subparcelas.

O manejo de pragas e plantas invasoras foi realizado conforme observações realizadas durante o desenvolvimento da cultura. No estádio V8, foi aplicado no experimento controle, o fungicida de nome comercial Orkestra® SC, composto da mistura dos ingredientes ativos fluxapiraxade (167 g L⁻¹) e piraclostrobina (333 g L⁻¹), na dose de 300 mL do produto comercial por hectare. Foi utilizado um pulverizador costal elétrico a bateria recarregável, com capacidade de vinte litros, e vazão ajustada para 166 L ha⁻¹, equipado com uma barra de pulverização de quatro pontas.

3.4.4 Avaliações Realizadas

Logo após o florescimento pleno, foram realizadas as avaliações fitométricas, que incluem o índice de área foliar (IAF), diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da espiga (AIE) e altura de plantas (AP), sendo que as três últimas foram tomadas da mesma planta (BARBOSA, 2016). Também no florescimento pleno, foram iniciadas as avaliações de severidade das doenças foliares.

Para a estimativa do índice de área foliar (IAF), foi estimada primeiramente a área foliar de dez plantas (5 plantas aleatórias em cada linha central) da área útil das subparcelas. A área foliar foi obtida de acordo com metodologia descrita por Tollenaar (1992). Para tanto, foram medidos o comprimento (C), da base à extremidade da folha, e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas. Considerou-se fotossinteticamente ativa toda a folha que tivesse pelo menos 50% de sua área foliar verde, de acordo com critério proposto por Borrás et al (2003). A área foliar (A), expressa em cm², foi estimada aplicando-se a expressão: $A = C \times L \times 0,75$, em que o valor 0,75 é um coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular (SANGOI et al., 2013). O somatório das áreas de todas as folhas da planta determinou a área foliar por indivíduo. O

índice de área foliar por fim, correspondeu à área foliar por planta dividido pela superfície de solo por ela ocupada em cada combinação de espaçamento entrelinhas (SANGOI et al., 2019).

O diâmetro do colmo (DC) foi determinado medindo-se em dez plantas (5 plantas aleatórias em cada linha central) da área útil das subparcelas, o diâmetro maior e o menor, na parte central do segundo entrenó, ou primeiro alongado (MORAES; BRITO, 2008). As medições foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital, girando-se o mesmo, pressionado, até que fossem obtidos o maior, e o menor valor. O diâmetro médio por planta, em milímetros, resultou da média entre o maior e o menor valor.

A altura de inserção da espiga (AIE) foi determinada medindo-se a distância em centímetros, entre a superfície do solo e o nó de inserção da espiga superior. A altura de plantas (APL) foi determinada medindo-se a distância em centímetros, entre a superfície do solo e a base do pendão (DEMÉTRIO et al., 2008). Ambas as medições foram tomadas em dez plantas (5 plantas aleatórias em cada linha central) da área útil das subparcelas.

As avaliações de severidade das doenças foliares, sendo essas de ocorrência natural, foram realizadas semanalmente, durante sete semanas para a primeira, e quatro semanas para a segunda safra, respectivamente. Foi considerada para avaliação, a folha da espiga de quatro plantas, aleatoriamente tomadas em cada avaliação (MOTERLE; SANTOS, 2019) dentro da área útil de cada subparcela, sendo duas em cada uma das duas linhas centrais. Foram avaliadas as doenças: Queima de turcicum, Cercosporiose, Mancha branca e Ferrugem polissora. As notas de severidade foram tomadas de acordo com as seguintes escalas diagramáticas: Queima de turcicum (VIEIRA et al., 2014); Cercosporiose, Mancha branca e Ferrugem polissora (CAPUCHO et al., 2010).

A partir das notas de severidade obtidas nas avaliações das plantas, foi determinada a evolução de cada doença por meio do cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com a fórmula abaixo proposta por Shaner e Finney (1977):

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Em que:

$[Y_i$ e $Y_{i+1}]$: valores de severidade observados em duas avaliações consecutivas; $[t_{i+1}$ e $t_i]$: intervalo entre duas avaliações; $[n]$: número total de avaliações.

Para a segunda safra, foi necessária a quantificação da incidência do complexo de enfezamentos e do percentual de acamamento.

A incidência de enfezamentos foi calculada com base na relação entre o número de plantas com sintomas de enfezamentos e o número total de plantas nas duas linhas centrais da área útil de cada subparcela, no momento da avaliação. A avaliação foi realizada aos 89 dias após a semeadura (COSTA et al., 2019).

Anteriormente à colheita, foi quantificado o estande final de plantas (Tabela 2) na área útil de cada subparcela, e após, o número de plantas acamadas. Foram consideradas acamadas as plantas que apresentavam menos de 45° de inclinação em relação ao solo (ZUCARELI et al., 2011). O percentual de acamamento foi determinado pela relação entre o número de plantas acamadas e o estande final de plantas.

Tabela 2 – Estande desejado (ED), e inicial (EI) e final (EF) médio de plantas obtido para 1ª e 2ª safras. Londrina-PR, 2021.

1ª e 2ª Safras	1ª Safra			2ª Safra			
	ED	EI	EF	EF/ED	EI	EF	EF/ED
plantas ha ⁻¹	plantas ha ⁻¹			(%)	plantas ha ⁻¹		
							(%)
59.200	59.200	59.000	99	59.200	58.100	98	
74.000	74.000	73.600	99	73.800	73.300	99	
81.400	81.200	80.700	99	81.200	80.000	98	
96.200	94.600	93.200	96	93.900	92.000	95	

Posteriormente, foi realizada a colheita de forma manual, quando os grãos apresentavam grau de umidade médio próximo a 140 e 180 g de água por quilograma de grão, para primeira e segunda safra, respectivamente. O teor de água nos grãos foi obtido por um medidor de capacitância digital Gehaka (G600). As espigas colhidas foram quantificadas, e com esse valor foi determinado o número de espigas por planta. Foram consideradas como espigas produtivas aquelas que apresentaram mais de 15 grãos formados (KUNESKI et al., 2017).

Das espigas colhidas, dez foram separadas de forma aleatória para a determinação do diâmetro de espigas (DE) e comprimento de espigas (CE) (ZUCARELI et al., 2011); massa de mil grãos (MMG) expressa em gramas, determinada a partir de oito repetições de cem sementes (BRASIL, 2009); e produtividade (PROD) expressa em kg ha⁻¹, determinada a partir da massa dos grãos de todas as espigas colhidas na área útil das subparcelas, que foram debulhadas manualmente. Os dois últimos tiveram seu grau de umidade corrigido para 130 g de água por quilograma de grão.

Além das aferições mencionadas, foram avaliados a massa de grãos por espiga (MGE), determinada por meio da pesagem dos grãos das dez espigas das quais foram aferidos os componentes de rendimento, e fazendo-se a média, a qual posteriormente foi utilizada para o cálculo do número de grãos por espiga; número de grãos por espiga (NGE), determinado pela razão entre a massa de grãos por espiga e a massa de mil grãos; e número de grãos por metro quadrado (NG m^{-2}), determinado multiplicando-se o número de grãos por espiga pelo número de espigas por hectare, o qual resultou da multiplicação do número de espigas por planta pelo estande final de plantas obtido (BRACHTVOGEL, 2010), dividindo-se o resultado por dez mil.

3.4.5 Análise dos Dados

Os dados foram testados para as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente ($p > 0,05$). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância considerando o modelo misto em que bloco dentro de fungicida e bloco dentro de densidade foram considerados efeitos aleatórios e os demais efeitos foram considerados efeitos fixos. As fontes de variação do modelo foram analisadas pelo teste F de Wald ($p < 0,05$). Se significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, seguindo o procedimento do pacote emmeans (LENTH, 2018). Quando houve efeito de interação com a densidade ou efeito isolado, foi ajustado o modelo de regressão linear simples ou quadrático ($p < 0,05$). Também foi realizada correlação de Pearson entre as variáveis. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2020).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se a Tabela 3, nota-se que para a 1ª safra, não houve interação entre os fatores analisados, sendo que foram obtidas significâncias de forma isolada somente para a variável densidade de plantas. Por outro lado, para a 2ª safra, nota-se que houve interação entre a variável número de espigas por planta com espaçamento e densidade; significância de forma isolada entre diâmetro do colmo e espaçamento; e as demais significâncias, também de forma isolada, para densidade de plantas.

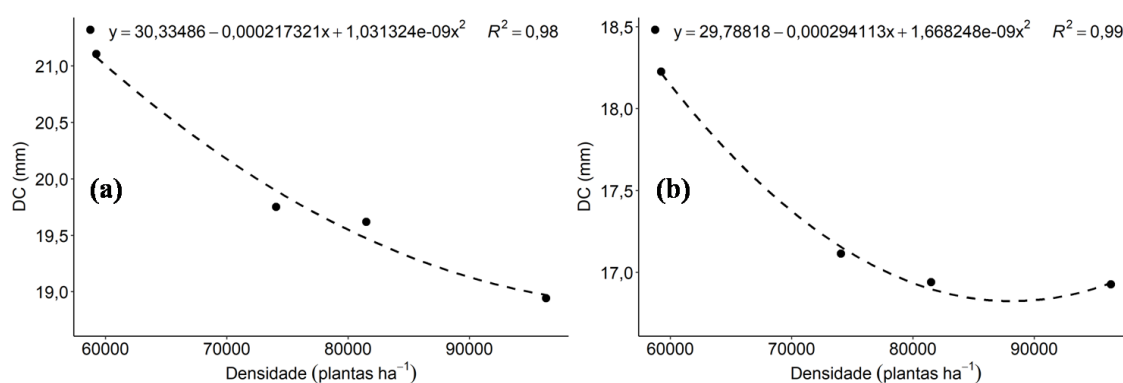
Tabela 3 – Resumo da análise de variância (p-valor) das variáveis diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); acamamento de plantas (ACAM); número de espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Fungicida (F); espaçamento (E); densidade de plantas (D). Londrina-PR, 2021.

Safra	Variável	Fonte de variação				
		F	E	D	F × E	E × D
1 ^a Safra	DC	0,16	0,72	2,9.10 ⁻¹¹ ***	0,47	0,08
	AIE	0,41	0,66	2,6.10 ⁻⁰² *	0,95	0,22
	APL	0,49	0,41	0,48	0,83	0,54
	IAF	1,00	0,09	2.10 ⁻¹⁶ ***	0,69	0,71
	AACPF	0,30	0,24	0,08	0,15	0,90
	AACPH	----	----	----	----	----
	AACPC	----	----	----	----	----
	AACPMB	----	----	----	----	----
	ENF	----	----	----	----	----
	ACAM	----	----	----	----	----
	EP	1,00	0,18	2,9.10 ⁻⁰⁴ ***	0,65	0,74
	CE	0,19	0,49	5,3.10 ⁻⁰⁹ ***	0,57	0,79
	DE	0,18	1,00	4,2.10 ⁻⁰⁵ ***	0,30	0,55
	MMG	0,28	0,99	5.4.10 ⁻⁰⁷ ***	0,73	0,28
	NGE	0,32	0,75	4,8.10 ⁻⁰⁵ ***	0,94	0,67
	NG m ⁻²	0,60	0,07	1,4.10 ⁻¹¹ ***	0,51	0,08
	PROD	0,41	0,14	1,7.10 ⁻⁰⁷ ***	0,82	0,12
2 ^a Safra	DC	0,52	3,8.10 ⁻⁰² *	3,2.10 ⁻⁰⁵ ***	0,14	0,54
	AIE	0,57	0,86	5,3.10 ⁻⁰³ **	0,68	0,69
	APL	0,44	0,49	0,05	0,72	0,52
	IAF	0,10	0,38	<2.10 ⁻¹⁶ ***	1,00	0,08
	AACPF	----	----	----	----	----
	AACPH	0,22	0,94	0,49	0,87	0,38
	AACPC	0,44	0,27	0,81	0,55	0,38
	AACPMB	0,50	0,39	7,3.10 ⁻⁰³ **	0,90	0,47
	ENF	0,49	0,26	0,51	0,82	0,56
	ACAM	0,45	0,09	0,12	0,54	0,38
	EP	1,00	0,28	2,3.10 ⁻⁰⁹ ***	0,62	3,5.10 ⁻⁰² *
	CE	0,87	0,96	2,2.10 ⁻⁰² *	0,24	0,66
	DE	0,83	0,43	0,97	0,09	0,79
	MMG	0,97	0,27	0,68	0,50	0,63
	NGE	0,88	0,92	0,10	0,14	0,40
	NG m ⁻²	0,48	0,82	0,11	0,33	0,13
	PROD	0,52	0,33	0,63	0,24	0,94

* : significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); ** : significativo a 1% de probabilidade (p<0,01); *** : significativo a 0,1% de probabilidade (p<0,001).

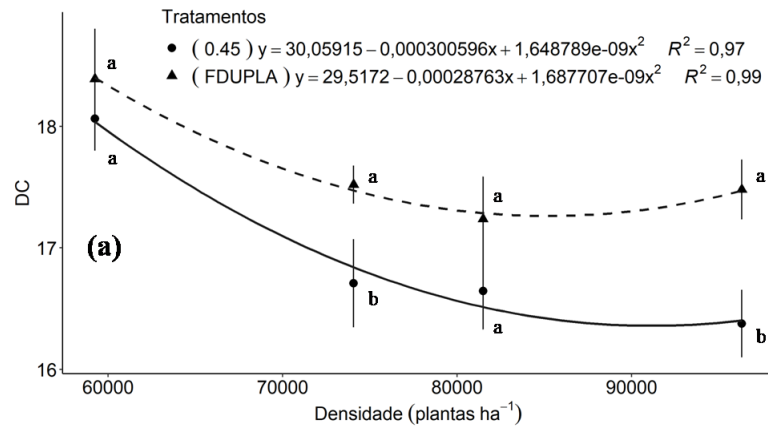
Nas Figuras 2a e 2b, nota-se que o diâmetro do colmo se ajustou a equações quadráticas para ambas as safras, em função do aumento da densidade de plantas, com ponto de mínima fora do intervalo estudado para a 1ª safra, e próximo a 88.100 plantas ha⁻¹ para a 2ª safra. Este comportamento de redução do diâmetro do colmo em função do adensamento embasa-se em explicações como aumento da competição intraespecífica por luz; alterações fisiológicas de origem hormonal, da auxina em específico, que não oxida em função do maior sombreamento, estimulando a alongação celular; e alteração na percepção da luz fotomorfogênica (vermelho e vermelho extremo) por parte do fitocromo, acarretando no aumento na relação vermelho extremo/vermelho, que regula a partição de fotoassimilados e adaptação morfológica. Estes fatores em conjunto fazem com que predomine o crescimento vertical do colmo em detrimento do seu diâmetro (SANGOI, 2001).

Figura 2 – Diâmetro médio do colmo (DC) em função da densidade de plantas: (a) 1ª safra, (b) 2ª safra. Londrina – PR, 2021.



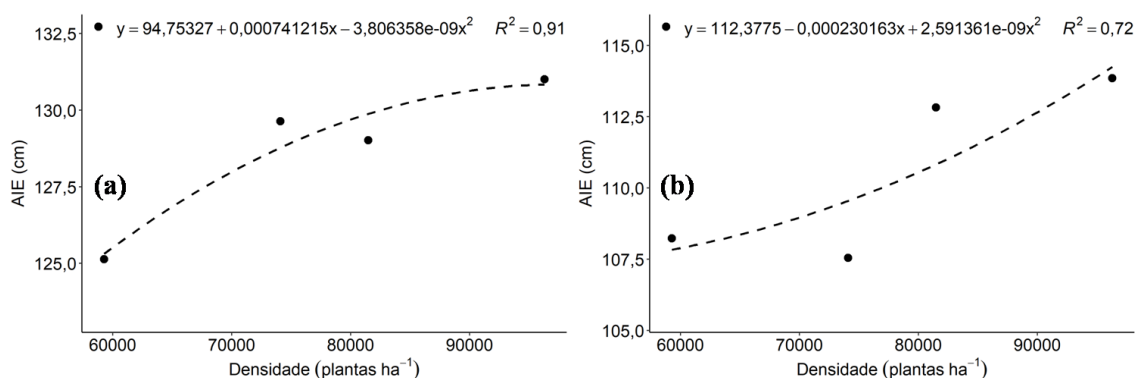
Para a 2ª safra, Figura 3a, o diâmetro médio do colmo foi maior no espaçamento fileira dupla (17,66 mm) em relação ao de 0,45 m (16,95 mm), de modo que houve diferença significativa nas densidades de 74.000 e 96.200 plantas ha⁻¹. Para os dois espaçamentos, houve ajuste quadrático em função do aumento na densidade de plantas, com pontos de mínima próximo a 91.100 plantas ha⁻¹ para o de 0,45 m, e de 85.200 plantas ha⁻¹ para o fileira dupla. O maior diâmetro médio do colmo no espaçamento fileira dupla pode possivelmente estar atrelado a uma maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa pelo dossel da cultura, por volta do estágio vegetativo de oito a nove folhas, como reportado por Robles et al (2012) e Novacek et al (2013). Tal aumento pode ter favorecido a eficiência fotossintética das plantas, direcionando desta forma fotoassimilados excedentes ao crescimento do colmo em espessura. Os mesmos autores também observaram maior diâmetro do colmo com espaçamento fileira dupla.

Figura 3 – Diâmetro médio do colmo (DC) em função dos espaçamentos 0,45 m e fileira dupla: (a) 2^a safra. Londrina – PR, 2021.



Para a altura de inserção da espiga, Figuras 4a e 4b, houve ajuste quadrático para ambas as safras, em função do aumento da densidade de plantas, com pontos de máxima e mínima fora do intervalo estudado para 1^a e 2^a safra, respectivamente. As explicações fisiológicas para a redução do diâmetro do colmo vão ao encontro das que explicam o aumento na altura de inserção da espiga em maiores densidades. Brachtvogel et al (2012) destacam que sob tais condições, a maior competição intraespecífica por luz leva ao efeito denominado de estiolamento, por meio do qual as plantas aumentam suas chances de crescer acima do dossel e evitar o sombreamento, o que justifica a maior altura de inserção da espiga.

Figura 4 – Altura média de inserção da espiga (AIE) em função da densidade de plantas: (a) 1^a safra, (b) 2^a safra. Londrina – PR, 2021.

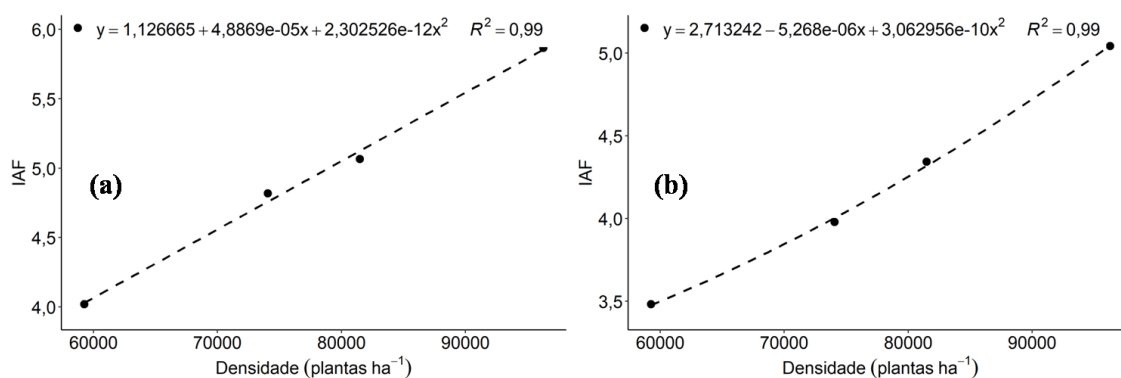


Corroborando com os resultados obtidos para diâmetro do colmo e altura de inserção da espiga, Fromme et al (2019), trabalhando com densidades crescentes, de 43 a 117.000 plantas ha⁻¹, também observaram o mesmo padrão de resposta conforme o

adensamento. Este padrão de crescimento pode ter implicações negativas, uma vez que com o centro de gravidade elevado e colmo de menor diâmetro, as plantas se tornam mais propensas a eventos como quebramento e acamamento (XUE et al., 2017). Desta forma, sob condições de adensamento de plantas, é fundamental a manutenção da sanidade de colmo para manter sua resistência, uma vez que segundo Fontoura et al (2006), há maior incidência de doenças conforme o incremento na densidade.

Houve ajuste quadrático para o índice de área foliar em função do aumento da densidade de plantas em ambas as safras, Figuras 5a e 5b, com pontos de mínima fora do intervalo estudado, também para ambas as safras. Conforme destacado por Sibonginkosi et al (2019), o padrão de aumento observado se deve ao fato de que sob condições de adensamento de plantas, há maior quantidade de solo coberto pelo dossel da cultura por unidade de área. Giang et al (2015), ao aumentarem a densidade de 57 para 84.000 plantas ha^{-1} , observaram aumento no índice de área foliar de 3,52 para 4,67. Da mesma forma, Bernhard e Below (2020), de 94 a 139.000 plantas ha^{-1} , observaram incremento na mesma característica de 5,8 para 7,3.

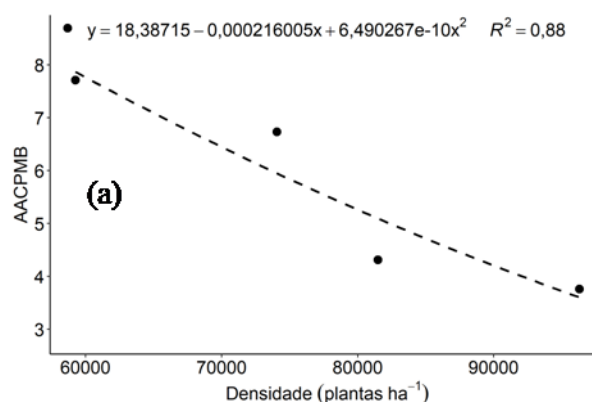
Figura 5 – Índice de área foliar médio (IAF) em função da densidade de plantas: (a) 1ª safra, (b) 2ª safra. Londrina – PR, 2021.



Á área média abaixo da curva de progresso da mancha branca na 2ª safra, Figura 6a, se ajustou a equação quadrática, em função do aumento da densidade de plantas, com ponto de mínima fora do intervalo estudado. Os valores médios de severidade da mancha apresentaram-se dentro do intervalo de 0,3 a 1,6% ao final da quarta avaliação, aos 89 dias após a semeadura. Grigoli e Grigoli (2019) destacam que dentre as condições propícias ao desenvolvimento da doença, estão longos períodos de elevada pluviosidade, o que não ocorreu durante o período das avaliações, de 69 a 89 dias após a semeadura (Figura 1b), tendo

tal fato provavelmente influenciado em sua baixa severidade. Ainda, considerando que o patógeno é disseminado através do vento (PEREIRA et al., 2005), especula-se que uma circulação de ar reduzida no interior do dossel em função das maiores densidades de plantas (SANGOI et al., 2003) e padrão de arquitetura foliar aberta do híbrido em questão, possam ter influenciado sua menor disseminação. Silva et al (2012) e Kappes et al (2013) observaram comportamento semelhante ao avaliarem a cercosporiose e a ferrugem tropical, respectivamente.

Figura 6 – Área média abaixo da curva de progresso da Mancha Branca (AAPMB) em função da densidade de plantas: (a) 2ª safra. Londrina – PR, 2021.

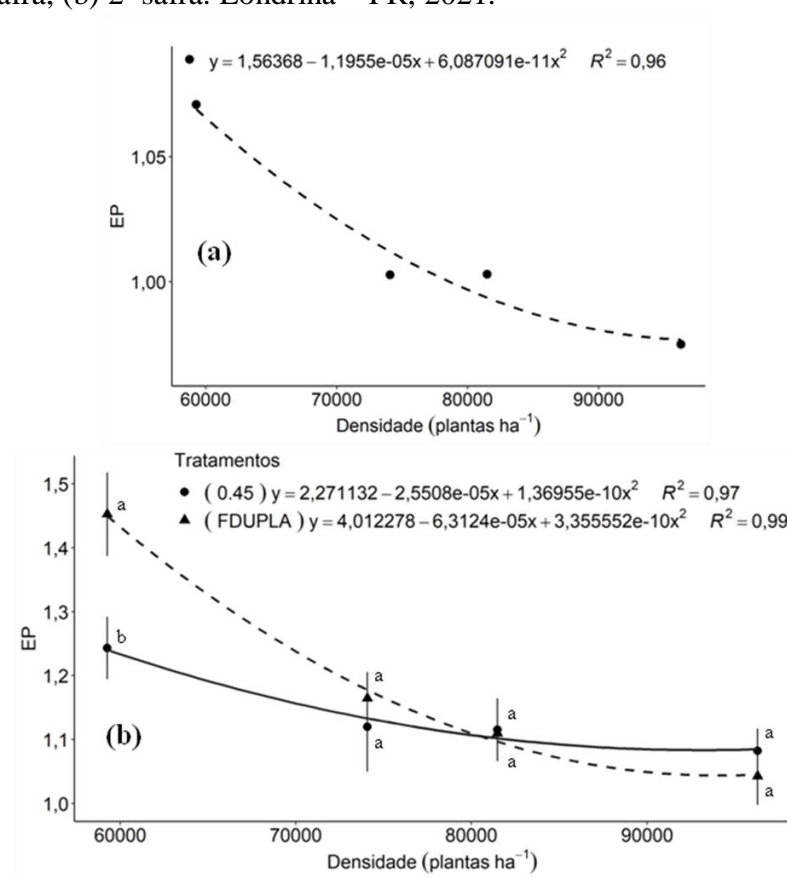


O número de espigas por planta na 1ª safra, Figura 7a, se ajustou a equação quadrática, em função do aumento na densidade de plantas, com ponto de mínima fora do intervalo estudado. Na 2ª safra, Figura 7b, o número de espigas por planta foi maior no espaçamento fileira dupla (1,45) em relação ao de 0,45 m (1,24), na densidade de 59.200 plantas ha⁻¹. Ainda na 2ª safra, Figura 7b, para os dois espaçamentos, houve ajuste quadrático em função do aumento na densidade de plantas, com pontos de mínima próximos a 94.000 e 93.100 plantas ha⁻¹, para o fileira dupla e o de 0,45 m, respectivamente. O maior número de espigas por planta no espaçamento fileira dupla, na densidade de 59.200 plantas ha⁻¹, pode ser justificado por, além de uma possível maior interceptação da radiação solar, também maior incidência do complexo de enfezamentos no mesmo arranjo. As médias de incidência para os espaçamentos de 0,45 m e fileira dupla foram de 36,30 e 41,18%, respectivamente. Entre as quatro densidades, não houve diferença estatística, entretanto, na densidade de 59.200 plantas ha⁻¹, os valores de incidência obtidos foram de 36,82 e 49,53% para 0,45 m e fileira dupla, respectivamente. Apesar da ausência de significância, suspeita-se que essa diferença possa ter sido a razão do maior número de espigas por planta, uma vez que dentre as respostas

fisiológicas de plantas de milho atacadas pelo complexo de enfezamentos, está o maior índice de espigas (COTA et al., 2020).

De forma geral, na ausência de interações, Sangoi (2001) pontua que os fatores responsáveis pela redução da prolificidade estão associados à competição entre a espiga e os outros órgãos da planta por fotoassimilados, e também, em resposta ao balanço hormonal, da auxina em específico. Grandes quantidades de auxinas são direcionadas ao pendão estimulando sua divisão celular, crescimento e acúmulo de massa seca, uma vez que seu primórdio é transformado em estrutura reprodutiva. Alta intensidade de luz oxida e inativa as auxinas, quebrando a dominância apical. Sob condições de adensamento, menos luz incide sob o ponto de crescimento do pendão comparado a baixas densidades, havendo, portanto, menor inativação das auxinas, que permanecem em maior concentração, promovendo assim a dominância apical e por consequência, favorecendo a menor formação de espigas.

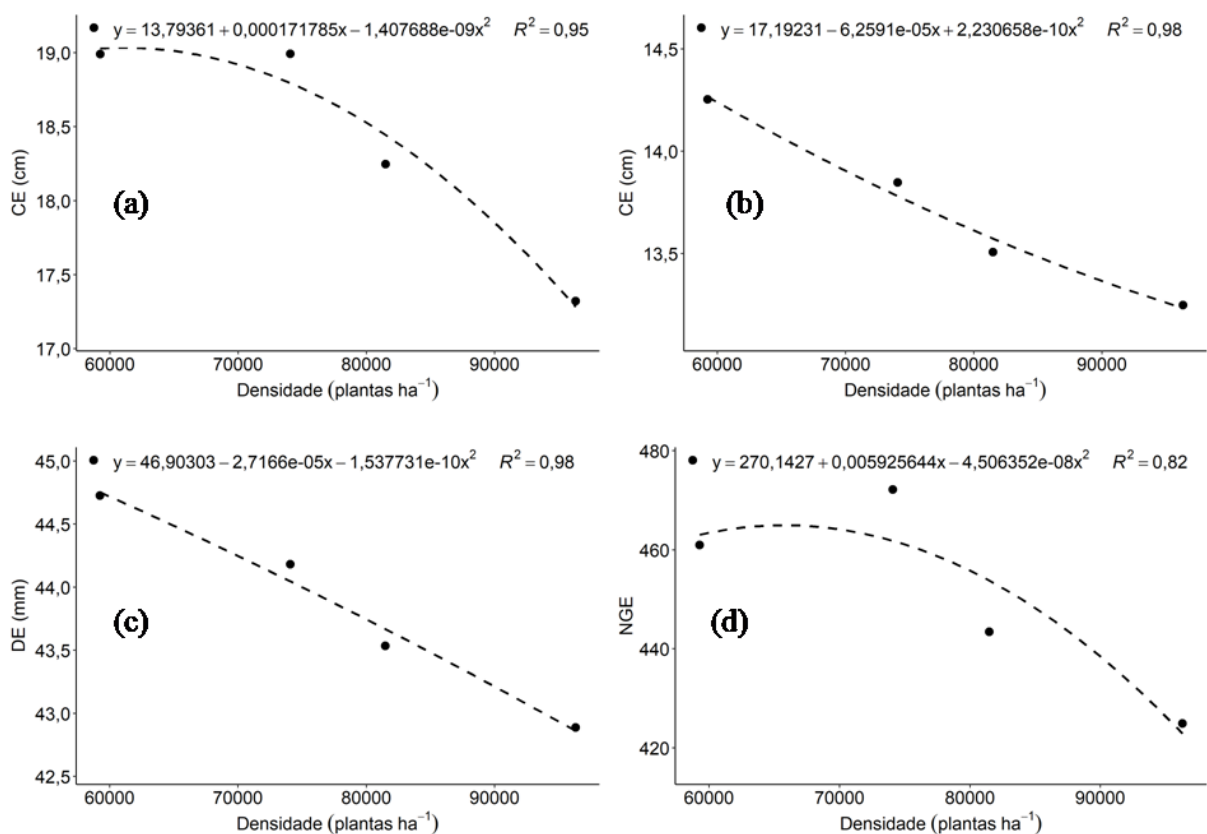
Figura 7 – Número médio de espigas por planta (EP) em função da densidade de plantas: (a) 1ª safra, (b) 2ª safra. Londrina – PR, 2021.



As características da espiga na 1ª safra, Figuras 8a, 8c e 8d, se ajustaram a equações quadráticas, em função do aumento na densidade de plantas. Para o comprimento da

espiga, Figura 8a, o ponto de máxima se deu próximo a 61.000 plantas ha^{-1} ; para o diâmetro da espiga, Figura 8c, houve tendência de diminuição; e para o número de grãos por espiga, Figura 8d, o ponto de máxima se deu próximo a 65.700 plantas ha^{-1} . Na 2ª safra, Figura 8b, houve ajuste quadrático para o comprimento de espiga, com ponto de mínima fora do intervalo estudado. Em resposta ao aumento da competição intraespecífica, Ventura e Dalchiavon (2018) também observaram redução no comprimento e diâmetro da espiga. Redução no número de grãos por espiga também foi observado por Zhang et al (2018), que destacam que tal resultado pode ser oriundo da baixa formação dos primórdios florais, reduzida polinização devido assincronia no florescimento e também alta taxa de aborto de grãos após fertilização.

Figura 8 – Comprimento médio de espiga (CE), diâmetro médio de espiga (DE) e número médio de grãos por espiga (NGE) em função da densidade de plantas: (a) 1ª safra, (b) 2ª safra, (c) 1ª safra, (d) 1ª safra. Londrina – PR, 2021.

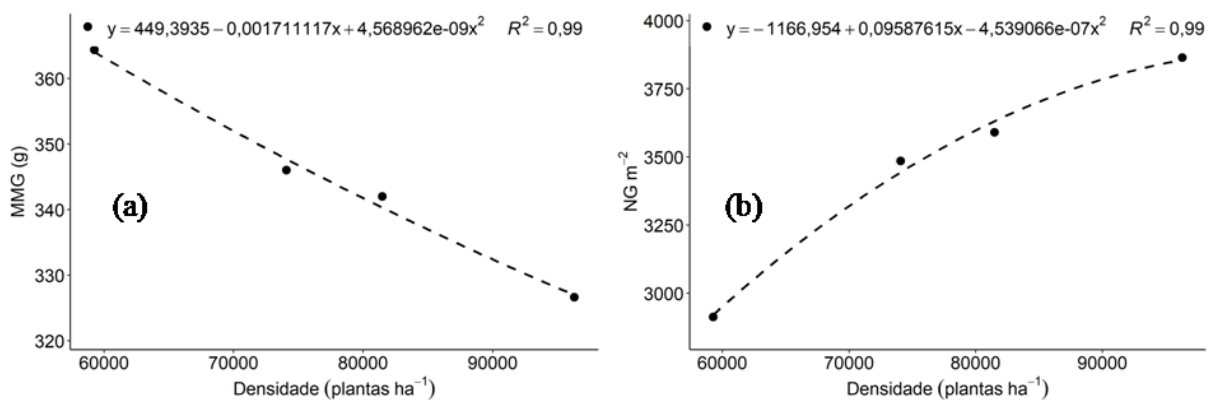


A massa de mil grãos na 1ª safra, Figura 9a, se ajustou a equação quadrática, em função do aumento na densidade de plantas, com ponto de mínima fora do intervalo estudado. Este comportamento de redução da variável sob condições de adensamento

justifica-se em parte pelo menor desenvolvimento das espigas, e com grãos de menor comprimento (KAPPES et al., 2011). Ainda, Haegele et al (2014) com base em resultados de outros autores, discutem esse mesmo comportamento fazendo abordagem de que, o sombreamento proporcionado pelo adensamento promove reduzida taxa fotossintética, conseqüentemente reduzindo o peso individual de grãos. Ressalta ainda, que híbridos que possuem peso mais estável de grãos em resposta a condições de competição podem ser os mais adequados para o cultivo adensado.

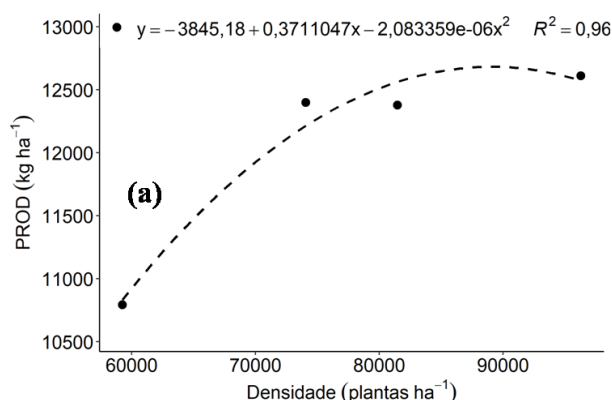
O número de grãos por metro quadrado na 1ª safra, Figura 9b, se ajustou a equação quadrática, em função do aumento na densidade de plantas, com ponto de máxima fora do intervalo estudado. Segundo Haegele et al (2014), o aumento no número de grãos por unidade de área é esperado, uma vez que trata-se de uma característica influenciada pelo número de plantas por área, e conseqüentemente, espigas por área.

Figura 9 – Massa média de mil grãos (MMG) e número médio de grãos por metro quadrado (NG m⁻²) em função da densidade de plantas: (a) 1ª safra, (b) 1ª safra. Londrina – PR, 2021.



O comportamento da produtividade na 1ª safra, Figura 10a, se ajustou a equação quadrática, em função do aumento na densidade de plantas, com ponto de máxima próximo a 89.000 plantas ha⁻¹, na qual foram obtidos 12.609 kg ha⁻¹. Em trabalho conduzido por Pricinotto et al (2019) em condições de 1ª safra, com densidade variando de 40 a 120.000 plantas ha⁻¹, o rendimento foi maximizado com 93.400 plantas ha⁻¹, quantidade próxima a do presente estudo, na qual atingiram 11.858 kg ha⁻¹. Os mesmos autores ressaltam que sob condições edafoclimáticas ideais e práticas de manejo apropriadas é possível aumentar a densidade de plantas e obter incremento em produtividade, explorando melhor desta forma, a interação entre genótipo e ambiente.

Figura 10 – Produtividade média (PROD) em função da densidade de plantas: (a) 1ª safra. Londrina – PR, 2021.



Com base nos resultados obtidos, foi possível observar que o aumento na competição intraespecífica em função das maiores densidades de plantas suprimiu a produtividade por indivíduo, de modo que o número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos reduziram, entretanto, de modo oposto, o número de grãos por metro quadrado aumentou. Desta forma, entender a relação entre os componentes de rendimento na formação da produtividade em lavouras adensadas permite que decisões mais assertivas possam ser tomadas durante o planejamento do cultivo.

Ao realizar-se a correlação entre a produtividade e os componentes de rendimento massa de mil grãos e número de grãos por metro quadrado (Tabela 4), foi possível observar que houve alta correlação na 1ª safra entre o número de grãos por metro quadrado com a produtividade (0,75). Por outro lado, correlação negativa entre massa de mil grãos e produtividade (-0,02). Tal resultado indica que o número de grãos por unidade de área foi mais importante do que a massa de grãos em si para o rendimento. Os resultados obtidos estão de acordo com os de Ruffo et al (2015), em que os autores destacam que esforços para reduzir as lacunas do rendimento deveriam continuar a focar na maximização do número de óvulos por espiga e redução da taxa de aborto de grãos, de forma a aumentar o número de grãos por unidade de área.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Pearson entre os componentes de rendimento massa de mil grãos (MMG) e número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²), com a produtividade (PROD). Londrina-PR, 2021.

Componentes de Rendimento	PROD
MMG	-0,02 ^{ns}
NG m ⁻²	0,75 ^{**}

^{ns}: não significativo; ^{**}: significativo a 1% (p<0,01).

3.6 CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado pode-se concluir que:

Não há efeito do fungicida e dos espaçamentos entrelinhas sobre o desempenho produtivo e a severidade de doenças foliares, na primeira e na segunda safra.

A severidade da mancha branca diminui conforme o aumento na densidade de plantas, na segunda safra.

Em condições de primeira safra, pode haver incremento significativo no rendimento de grãos em função de densidades de plantas elevadas.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de fungicida não apresentou efeito significativo sobre o avanço das doenças, entretanto, tal conclusão não deve ser generalizada, uma vez que trata-se de uma característica resultante da interação entre patógeno, hospedeiro e ambiente. Desta forma, em virtude do grau de resistência variado das cultivares presentes no mercado, monitorar o comportamento da severidade de doenças foliares é de grande importância em estudos de arranjos de plantas, sobretudo em cultivos adensados, uma vez que pode haver a formação de microclimas favoráveis ao avanço de patógenos.

Com relação aos espaçamentos entrelinhas adotados, foi possível observar que o de 0,45 m e o fileira dupla foram semelhantes, tanto para o quesito doenças quanto para rendimento de grãos. Desta forma, baseado nos dados exclusivos desta pesquisa, tal configuração não se apresenta como uma alternativa justificável a ser adotada pelos produtores. Por outro lado, no espaçamento entrelinhas de 0,45 m, mais estudos com adensamento de plantas envolvendo práticas de manejo que visem reduzir o estresse fisiológico proporcionado podem contribuir para uma maior base de informações.

Observou-se em condições de primeira safra que a prática do adensamento se mostra interessante como estratégia para altos rendimentos, entretanto, na busca pelo ponto máximo de cada cultivar em cada ambiente de cultivo, estudos se fazem necessários. Para segunda safra, o aumento de plantas por área não se mostrou vantajoso, apresentando apenas incremento numérico na produtividade, o que resulta em grande parte, da menor quantidade e distribuição irregular das precipitações. Em condições de segunda safra, outros fatores que não o aumento na densidade de plantas poderiam proporcionar melhores resultados.

3.8 REFERÊNCIAS

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, 2001.

BARBOSA, André Prechlak. **Regulador de crescimento no sistema produtivo do milho**. 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

BERNHARD, B. J.; BELOW, F. E. Plant population and row spacing effects on corn: plant growth, phenology and grain yield. **Agronomy Journal**, v. 112, n. ???, p. 2456-2465, 2020.

BORRÁS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, v. 82, n. 1, p. 13-26, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRACHTVOGEL, Eliseu Luiz. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas**. 2010. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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**, Chapadinha, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.

CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, P. A.; LANZA, F. E.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. ; SILVA, D. D. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação da mancha branca do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 26 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 26).

COSTA, R.V. da.; SILVA, D. D. da.; COTA, L.V.; CAMPOS, L. J. M.; ALMEIDA, R. E. M. de.; BERNARDES, F. P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, n. ???, p. 1-9, 2019.

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; MEIRELLES, W. F.; SOUZA, I. R. P.; OLIVEIRA, I. R.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Deteção de patógenos causadores de enfezamento no estado do Paraná na safrinha 2019**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 204).

COTA, L. V.; VERAS, R. C.; SILVA, D. D.; LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P. ; MACHADO, J. R. A.; MENDONÇA, L. B. P.; SILVA, A. F.; TARDIN, F. D.; MEIRELLES, W. **Monitoramento do uso de fungicidas na cultura do milho no Brasil**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 13 p. (Circular Técnica 249).

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de.; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

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.

DUARTE, A. P. **Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção**. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Manejo_cultura-artigo4.pdf>. Acesso em: 06/07/2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de Produção Embrapa: cultivo do milho**. 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658>. Acesso em: 23/11/2020.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF, 2018. 356 p.

FONTOURA, D. da.; STANGARLIN, J. R.; TRAUTMANN, R. R.; SCHIRMER, R.; SCHWANTES, D. O.; ANDREOTTI, M. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho safrinha. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 545-551, 2006.

FROMME, D. D.; SPIVEY, T. A.; GRICHAR, W. J. Agronomic response of corn (*Zea mays* L.) hybrids to plant populations. **International Journal of Agronomy**, Londres, v. 2019, n. ???, p. 1-8, 2019.

GIANG, D. H.; SAROBOL, E.; NAKASATHIEN, S. Effect of plant density and nitrogen fertilizer rate on growth, nitrogen use efficiency and grain yield of different maize hybrids under rainfed conditions in Southern Vietnam. **Agriculture and Natural Science**, v. 49, n. 1, p. 1-12, 2015.

GRIGOLI, J. F. J.; GRIGOLI, M. M. K. **Doenças do milho safrinha**. 2019. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/355/355/5ebc465a209643ac0082061b6d59af5ce7e8dfef7d1cf_04-doencas-do-milho-safrinha-somente-leitura-.pdf>. Acesso em: 02/12/2020.

HAEGELE, J. W.; BECKER, A. S. H.; BELOW, F. E. Row arrangement, phosphorus fertility, and hybrid contributions to managing increased plant density of maize. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 5, p. 1838–1846, 2014.

IDR. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. **Agrometeorologia: dados diários de Londrina**. Londrina, 2020.

- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O. Efeito dos arranjos espaciais de plantas na sanidade de híbridos de milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 1, p. 53-65, 2013.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.
- KUNESKI, H. F.; SANGOI, L.; COELHO, A. E. ; DURLI, M. M.; LEOLATO, L. S.; VOSS, R.; PANISON, F. Desempenho agrônômico de híbridos de milho no Alto Vale do Itajaí - SC. **Revista Congrega**, v. 14, n. ???, p. 1145-1159, 2017.
- LENTH, R. **emmeans**: estimated marginal means, aka least-squares mean. 2018. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/index.html>>. Acesso em: 07/01/2020.
- LIMAGRAIN. **Produtos**: sementes de milho. 2019. Disponível em: <<https://www.lgsementes.com.br/produto/lg-36600>>. Acesso em: 30/06/2019.
- MORAES, D. F.; BRITO, C. H. Influência do diâmetro e da espessura da parede do colmo sobre o acamamento de plantas de milho. In: XII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, n. ???, 2008, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia, UFU, 2008. p. 1-10.
- MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F. Época de aplicação de fungicida na cultura do milho segunda safra. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 2, p. 61-71, 2019.
- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; DA SILVA RICCE, W.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná** (recurso eletrônico). 2019. 210 p.
- NOVACEK, M. J.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D.; YASEEN, M. “Twin rows minimally impact irrigated maize yield, morphology, and lodging,” **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 268–276, 2013.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. Calagem e adubação para as principais espécies de cereais cultivadas no Estado do Paraná. In: **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1. ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2017. p. 182-188.
- PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo, SP: Ceres, 2005. v. 2, p. 477-488.
- PIONEER. **Híbridos de milho**: P3380HR. 2020. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/p3380hr>>. Acesso em: 27/08/2020.
- PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; BIANCO, J. P.; PIAZZOLI, D. Espaçamento na entrelinha e tratamento fungicida em pré-florescimento no desempenho agrônômico do milho. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, n. ???, 2010, Goiânia. **Anais [...]**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 1886-1891.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; SPOLAOR, L. T.; FONSECA, I. C. B. Yield and biometric characteristics of maize submitted to plant population and trinexapac-ethyl doses. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 667-678, 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.

ROBLES, M.; CIAMPITTI, I. A.; VYN, T. J. Responses of maize hybrids to twin row spatial arrangement at multiple plant densities. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 6, p. 1747-1756, 2012.

RUFFO, M. L.; GENTRY, L. F.; HENNINGER, A. S.; SEEBAUER, J. R.; BELOW, F. E. Evaluating management factor contributions to reduce corn yield gaps. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 495-505, 2015.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p. 60-66, 2002.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; BOGO, A.; KOTHE, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados em diferentes densidades de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; DURLI, M. M.; LEOLATO, L. S.; COELHO, A. E.; KUNESKI, H. F.; OLIVEIRA, V. L. Estratégias de manejo do arranjo de plantas visando otimizar a produtividade de grãos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 18, n. 1, p. 47-60, 2019.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; HORN, D. Bases morfofisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas. In: IV REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, n. 4, 2003, Lages. **Resumos Expandidos [...]**. Lages: Graphel, 2003. p. 19-24.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHIMITT, A.; VIEIRA, J. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 2013.

SHANER, G.; FINNEY, R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox Wheat. **Journal of Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SIBONGINKOSI, N.; MZWANDILE, M.; TAMADO, T. Effect of plant density on growth and yield of maize [*Zea mays* (L.)] hybrids at Luyengo, Middleveld of Eswatini. **Asian Plant Research Journal**, v. 3, n. 3-4, p. 1-9, 2020.

SILVA, A. G.; CUNHA JÚNIOR, C. R.; ASSIS, R. L. de ; IMOLESI, A. S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de

milho 30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 89-96, 2008.

SILVA, R. R.; THEODORO, G. F.; LIBORIO, C. B.; PESSOA, L. G. A. Influência da densidade de cultivo de dois genótipos de milho na severidade da mancha de cercospora e no rendimento de grãos na safrinha. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1449-1454, 2012.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 2, p. 305-311, 1992.

VENTURA, M. F. B.; DALCHIAVON, F. C. Agronomic characteristics of corn grown in different population arrangements. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 3, p. 569-574, 2018.

VIEIRA, R. A.; MESQUINI, R. M.; SILVA, C. N.; HATA, F. T.; TESSMANN, D.; SCAPIM, C. A new diagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. **Crop Protection**, v. 56, n. ???, p. 55-57, 2014.

XUE, J.; XIE, R.; ZHANG, W.; WANG, K.; HOU, P.; MING, B.; GOU, L.; LI, S.; Research progress on reduced lodging of high-yield and density-maize. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 12, p. 2717–2725, 2017.

YANG, Y.; XU, WENJUAN.; HOU, P.; LIU, G.; LIU, W.; WANG, Y.; ZHAO, R.; MING, B.; XIE, R.; WANG, K.; LI, S. Improving maize grain yield by matching maize growth and solar radiation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-12., 2019.

ZHANG, M., CHEN, T., HOJATOLLAH, L., FENG, X., CAO, T., QIAN, C., DENG, A., SONG, Z., ZHANG, W. How plant density affects maize spike differentiation, kernel set, and grain yield formation in Northeast China? **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 8, p. 1745-1757, 2018.

ZUCARELI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agrônômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 13, p. 152-157, 2011.

APÊNDICE A – ANÁLISES DE VARIÂNCIA COM MÉDIAS E CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS (1ª SAFRA)

Tabela A1 - Resumo da análise de variância (p-valor) com médias das variáveis em função da aplicação de fungicida (FUNG) para 1ª safra. Com fungicida (COM); sem fungicida (SEM); diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m²); e produtividade (PROD). Londrina – PR, 2021.

VARIÁVEL	FUNG	COM	SEM
DC	0,16 ^{ns}	20,15	19,56
AIE	0,41 ^{ns}	130,13	127,27
APL	0,49 ^{ns}	259,05	256,98
IAF	1,00 ^{ns}	5,01	4,87
AACPH	-----	-----	-----
AACPC	-----	-----	-----
AACPMB	-----	-----	-----
AACPF	0,30 ^{ns}	12,81	14,81
ENF	-----	-----	-----
ACAM	-----	-----	-----
EP	1,00 ^{ns}	1,00	1,02
CE	0,19 ^{ns}	18,55	18,23
DE	0,18 ^{ns}	44,24	43,43
MMG	0,28 ^{ns}	352,35	337,17
NGE	0,32 ^{ns}	454,07	445,85
NG m⁻²	0,60 ^{ns}	3.443,12	3.483,43
PROD	0,41 ^{ns}	12.231,89	11.856,01

^{ns}: não significativo.

Tabela A2 - Resumo da análise de variância (p-valor) com médias das variáveis em função do espaçamento entrelinhas (ESPAÇ) para 1ª safra. Fileira dupla (FDUPLA); diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina – PR, 2021.

VARIÁVEL	ESPAÇ	0,45 m	FDUPLA
DC	0,72 ^{ns}	19,91	19,80
AIE	0,66 ^{ns}	128,16	129,24
APL	0,41 ^{ns}	259,04	256,99
IAF	0,09 ^{ns}	4,95	4,93
AACPH	-----	-----	-----
AACPC	-----	-----	-----
AACPMB	-----	-----	-----
AACPF	0,24 ^{ns}	14,80	12,83
ENF	-----	-----	-----
ACAM	-----	-----	-----
EP	0,18 ^{ns}	1,03	1,00
CE	0,49 ^{ns}	18,45	18,33
DE	1,00 ^{ns}	43,83	43,83
MMG	0,99 ^{ns}	344,80	344,72
NGE	0,75 ^{ns}	451,65	448,27
NG m ⁻²	0,07 ^{ns}	3.544,54	3.382,01
PROD	0,14 ^{ns}	12.385,82	11.702,09

^{ns}: não significativo.

Tabela A3 - Resumo da análise de variância (p-valor) com médias das variáveis em função da densidade de plantas (DENS) para 1ª safra. Diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina – PR, 2021.

VARIÁVEL	DENS	59.200	74.000	81.400	96.200
DC	2,9.10 ⁻¹¹ ***	21,11 a	19,75 b	19,62 b	18,94 c
AIE	2,6.10 ⁻⁰² *	125,14 b	129,64 ab	129,01 ab	131,01 a
APL	0,48 ns	256,24	258,09	258,07	259,66
IAF	2.10 ⁻¹⁶ ***	4,02 c	4,82 b	5,07 b	5,87 a
AACPH	-----	-----	-----	-----	-----
AACPC	-----	-----	-----	-----	-----
AACPMB	-----	-----	-----	-----	-----
AACPF	0,08 ns	11,18	12,73	15,99	15,35
ENF	-----	-----	-----	-----	-----
ACAM	-----	-----	-----	-----	-----
EP	2,9.10 ⁻⁰⁴ ***	1,07 a	1,00 b	1,00 b	0,98 b
CE	5,3.10 ⁻⁰⁹ ***	18,99 a	18,99 a	18,25 b	17,32 c
DE	4,2.10 ⁻⁰⁵ ***	44,73 a	44,18 ab	43,53 bc	42,89 c
MMG	5.4.10 ⁻⁰⁷ ***	364,38 a	346,01 b	342,00 b	326,65 c
NGE	4,8.10 ⁻⁰⁵ ***	460,98 ab	472,53 a	439,64 bc	426,68 c
NG m ⁻²	1,4.10 ⁻¹¹ ***	2.912,40 c	3.485,49 b	3.590,49 b	3.864,71 a
PROD	1,7.10 ⁻⁰⁷ ***	10.793,14 b	12.397,69 a	12.376,09 a	12.608,89 a

ns: não significativo. * : significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); *** : significativo a 0,1% de probabilidade (p<0,001). Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 5 – Correlação de Pearson entre as variáveis analisadas referente à 1ª safra: estande inicial (EI); estande final (EF); diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso da ferrugem polissora (AACPF); número de espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina-PR, 2021.

	EI	EF	DC	AIE	APL	IAF	AACPF	EP	CE	DE	MMG	NGE	NG m⁻²	PROD
EI	1 NA	0.99 **	-0.71 **	0.26 *	0.13 ns	0.88 **	0.24 ns	-0.5 **	-0.66 **	-0.57 **	-0.6 **	-0.46 **	0.76 **	0.5 **
EF		1 NA	-0.7 **	0.25 *	0.12 ns	0.86 **	0.24 ns	-0.49 **	-0.67 **	-0.58 **	-0.6 **	-0.47 **	0.77 **	0.52 **
DC			1 NA	-0.12 ns	0.02 ns	-0.52 **	-0.19 ns	0.43 **	0.54 **	0.53 **	0.68 **	0.36 **	-0.48 **	-0.1 ns
AIE				1 NA	0.81 **	0.44 **	0.23 ns	-0.24 ns	-0.27 *	0.1 ns	-0.09 ns	-0.06 ns	0.16 ns	0.23 ns
APL					1 NA	0.29 *	0.42 **	-0.16 ns	-0.18 ns	0.15 ns	0 ns	-0.04 ns	0.04 ns	0.15 ns
IAF						1 NA	0.26 *	-0.45 **	-0.54 **	-0.33 **	-0.44 **	-0.32 **	0.7 **	0.56 **
AACPF							1 NA	-0.08 ns	-0.22 ns	-0.08 ns	-0.21 ns	-0.09 ns	0.22 ns	0.13 ns
EP								1 NA	0.18 ns	0.06 ns	0.1 ns	0.16 ns	-0.05 ns	0.01 ns
CE									1 NA	0.68 **	0.58 **	0.79 **	-0.3 *	-0.06 ns
DE										1 NA	0.73 **	0.62 **	-0.37 **	0.01 ns
MMG											1 NA	0.24 ns	-0.58 **	-0.02 ns
NGE												1 NA	0.05 ns	0.11 ns
NG m⁻²													1 NA	0.75 **
PROD														1 NA

ns: não significativo; *: significativo a 5% (p<0,05); **: significativo a 1% (p<0,01).

APÊNDICE B – ANÁLISES DE VARIÂNCIA COM MÉDIAS E CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS (2ª SAFRA)

Tabela B1 - Resumo da análise de variância (p-valor) com médias das variáveis em função da aplicação de fungicida (FUNG) para 2ª safra. Com fungicida (COM); sem fungicida (SEM); diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina – PR, 2021.

VARIÁVEL	FUNG	COM	SEM
DC	0,52 ^{ns}	17,40	17,20
AIE	0,57 ^{ns}	109,50	111,73
APL	0,44 ^{ns}	209,77	214,60
IAF	0,10 ^{ns}	4,07	4,35
AACPH	0,22 ^{ns}	37,06	88,55
AACPC	0,44 ^{ns}	5,24	8,99
AACPMB	0,50 ^{ns}	5,23	6,03
AACPF	-----	-----	-----
ENF	0,49 ^{ns}	40,43	37,04
ACAM	0,45 ^{ns}	5,37	2,22
EP	1,00 ^{ns}	1,13	1,20
CE	0,87 ^{ns}	13,69	13,74
DE	0,83 ^{ns}	37,00	37,12
MMG	0,97 ^{ns}	192,51	192,20
NGE	0,88 ^{ns}	363,10	361,11
NG m⁻²	0,48 ^{ns}	3.074,16	3.252,37
PROD	0,52 ^{ns}	5.307,11	5.600,14

^{ns}: não significativo.

Tabela B2 - Resumo da análise de variância (p-valor) com médias das variáveis em função do espaçamento entrelinhas (ESPAÇ) para 2ª safra. Fileira dupla (F DUPLA); diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina – PR, 2021.

VARIÁVEL	ESPAÇ	0,45 m	F DUPLA
DC	3,8.10 ⁻⁰² *	16,95 b	17,66 a
AIE	0,86 ^{ns}	110,88	110,35
APL	0,49 ^{ns}	213,84	210,53
IAF	0,38 ^{ns}	4,15	4,28
AACPH	0,94 ^{ns}	62,54	63,07
AACPC	0,27 ^{ns}	7,52	6,71
AACPMB	0,39 ^{ns}	6,10	5,16
AACPF	-----	-----	-----
ENF	0,26 ^{ns}	36,30	41,18
ACAM	0,09 ^{ns}	1,52	6,07
EP	0,28 ^{ns}	1,14	1,19
CE	0,96 ^{ns}	13,70	13,72
DE	0,43 ^{ns}	37,27	36,85
MMG	0,27 ^{ns}	197,73	186,98
NGE	0,92 ^{ns}	362,71	361,50
NG m ⁻²	0,82 ^{ns}	3.137,70	3.188,83
PROD	0,33 ^{ns}	5.659,40	5.247,86

^{ns}: não significativo. *: significativo a 5% de probabilidade (p<0,05). Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

Tabela B3 - Resumo da análise de variância (p-valor) com médias das variáveis em função da densidade de plantas (DENS) para 2ª safra. Diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: ferrugem polissora (AACPF), helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACPMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina – PR, 2021.

VARIÁVEL	DENS	59.200	74.000	81.400	96.200
DC	3,2.10 ⁻⁰⁵ ***	18,23 a	17,11 b	16,94 b	16,93 b
AIE	5,3.10 ⁻⁰³ **	108,24 b	107,55 b	112,83 ab	113,84 a
APL	0,05 ns	206,55	211,18	214,40	216,60
IAF	<2.10 ⁻¹⁶ ***	3,48 d	3,98 c	4,34 b	5,04 a
AACPH	0,49 ns	71,89	56,22	62,93	60,16
AACPC	0,81 ns	6,96	7,68	6,84	6,99
AACPMB	7,3.10 ⁻⁰³ **	7,71 a	6,73 ab	4,31 b	3,76 b
AACPF	-----	-----	-----	-----	-----
ENF	0,51 ns	43,18	37,87	34,89	39,01
ACAM	0,12 ns	3,59	6,37	3,75	1,47
EP	2,3.10 ⁻⁰⁹ ***	1,35 a	1,14 b	1,11 b	1,06 b
CE	2,2.10 ⁻⁰² *	14,25 a	13,85 ab	13,51 ab	13,25 b
DE	0,97 ns	36,93	36,98	37,09	37,24
MMG	0,68 ns	187,15	196,07	190,30	195,91
NGE	0,10 ns	381,67	360,71	358,22	347,81
NG m ⁻²	0,11 ns	3.012,93	3.039,26	3.209,71	3.391,16
PROD	0,63 ns	5.211,70	5.295,19	5.581,02	5.726,60

ns: não significativo. *: significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); **: significativo a 1% de probabilidade (p<0,01); ***: significativo a 0,1% de probabilidade (p<0,001). Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre as variáveis analisadas referente à 2ª safra: estande inicial (EI); estande final (EF); diâmetro do colmo (DC); altura de inserção da espiga (AIE); altura de plantas (APL); índice de área foliar (IAF); área abaixo da curva de progresso das doenças: helmintosporiose (AACPH), cercosporiose (AACPC), mancha branca (AACMB); incidência de enfezamentos (ENF); porcentagem de acamamento (ACAM); número de espigas por planta (EP); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por metro quadrado (NG m⁻²); e produtividade (PROD). Londrina-PR, 2021.

	EI	EF	DC	AIE	APL	IAF	AACPH	AACPC	AACMB	ENF	ACAM	EP	CE	DE	MMG	NGE	NGm ⁻²	PROD
EI	1 NA	0.98 **	-0.47 **	0.3 *	0.28 *	0.87 **	-0.1 ns	0 ns	-0.39 **	-0.14 ns	-0.11 ns	-0.58 **	-0.37 **	0.06 ns	0.11 ns	-0.29 *	0.26 *	0.17 ns
EF		1 NA	-0.49 **	0.32 **	0.32 *	0.87 **	-0.08 ns	0.05 ns	-0.35 **	-0.18 ns	-0.13 ns	-0.58 **	-0.36 **	0.08 ns	0.12 ns	-0.28 *	0.28 *	0.2 ns
DC			1 NA	-0.06 ns	-0.21 ns	-0.2 ns	0.09 ns	-0.09 ns	0.28 *	0.22 ns	0.13 ns	0.55 **	0.36 **	-0.03 ns	-0.01 ns	0.23 ns	0.1 ns	0.06 ns
AIE				1 NA	0.72 **	0.46 **	0.2 ns	0.06 ns	-0.06 ns	-0.01 ns	-0.1 ns	0.1 ns	-0.01 ns	0.1 ns	0.04 ns	0.11 ns	0.44 **	0.3 *
APL					1 NA	0.38 **	0.17 ns	0.11 ns	0 ns	-0.45 **	-0.1 ns	0.02 ns	0.28 *	0.4 **	0.35 **	0.34 **	0.5 **	0.6 **
IAF						1 NA	0.07 ns	0.12 ns	-0.27 *	-0.13 ns	-0.16 ns	-0.35 **	-0.17 ns	0.14 ns	0.16 ns	-0.13 ns	0.42 **	0.33 **
AACPH							1 NA	0.44 **	0.01 ns	-0.12 ns	-0.2 ns	0.21 ns	0.04 ns	0.1 ns	-0.05 ns	0.09 ns	0.13 ns	0.07 ns
AACPC								1 NA	0.09 ns	-0.06 ns	-0.22 ns	0.04 ns	0.01 ns	0.05 ns	-0.08 ns	0.02 ns	0.1 ns	-0.01 ns
AACMB									1 NA	-0.03 ns	-0.15 ns	0.26 *	0.43 **	0.15 ns	0.1 ns	0.25 *	0.03 ns	0.17 ns
ENF										1 NA	0.03 ns	0.29 *	-0.22 ns	-0.54 **	-0.44 **	-0.29 *	-0.1 ns	-0.54 **
ACAM											1 NA	0.03 ns	0.17 ns	-0.11 ns	-0.16 ns	0.18 ns	0.01 ns	-0.09 ns
EP												1 NA	0.39 **	-0.05 ns	-0.11 ns	0.39 **	0.46 **	0.22 ns
CE													1 NA	0.54 **	0.41 **	0.77 **	0.42 **	0.56 **
DE														1 NA	0.75 **	0.46 **	0.29 *	0.7 **
MMG															1 NA	0.12 ns	0.08 ns	0.65 **
NGE																1 NA	0.64 **	0.55 **
NG m⁻²																	1 NA	0.66 **
PROD																		1 NA

ns: não significativo; *: significativo a 5% (p<0,05); **: significativo a 1% (p<0,01).