

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATEUS POLO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS ENVOLVIDAS NA ADAPTAÇÃO DE
HÍBRIDOS DE MILHO EM CONDIÇÕES DE PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRA**

UBERLÂNDIA/MG

2024

MATEUS POLO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS ENVOLVIDAS NA ADAPTAÇÃO DE
HÍBRIDOS DE MILHO EM CONDIÇÕES DE PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José Marques

Coorientador: Dr. Cristiano Mathias Zimmer

UBERLÂNDIA/MG

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P778c
2024 Polo, Mateus, 1988-
Características agronômicas envolvidas na adaptação de híbridos de milho em condições de primeira e segunda safra [recurso eletrônico] / Mateus Polo. - 2024.

Orientador: Douglas José Marques.

Coorientador: Cristiano Mathias Zimmer.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5117>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Marques, Douglas José, 1980-, (Orient.). II. Zimmer, Cristiano Mathias, 1991-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408

MATEUS POLO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS ENVOLVIDAS NA ADAPTAÇÃO DE
HÍBRIDOS DE MILHO EM CONDIÇÕES DE PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRA**

Dissertação aprovada para obtenção do título de Mestre em Agronomia, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, sob orientação do Prof. Dr. Douglas José Marques e do coorientador Prof. Dr. Cristiano Mathias Zimmer. como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Uberlândia, 25 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Douglas José Marques (Orientador – UFU)

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel (UFU)

Dr. Lauro José Moreira Guimarães (Pesquisador EMBRAPA Milho e Sorgo)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP
38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 019/2024, PPGAGRO				
Data:	Vinte e cinco de novembro de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula do Discente:	12222AGR006				
Nome do Discente:	Mateus Polo				
Título do Trabalho:	Épocas de semeadura afetam o desempenho agrônomo de híbridos de milho na região do Alto Paranaíba-MG				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU; Fernando Cezar Juliatti - UFU; Lauro José Moreira Guimarães - Embrapa Milho e Sorgo; Douglas José Marques - UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos, o presidente da mesa Dr. Douglas José Marques, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando ao candidato:

Aprovado.

Essa dissertação possui mérito para ser indicada como destaque do Programa? ()
SIM NÃO (X)

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Mascarenhas Maciel, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/11/2024, às 17:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lauro José Moreira Guimarães, Usuário Externo**, em 28/11/2024, às 08:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Douglas José Marques, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/11/2024, às 22:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Cezar Juliatti, Usuário Externo**, em 30/11/2024, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5901259** e o código CRC **A1396645**.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação da UFU pelos ensinamentos.

Ao professor orientador Dr. Douglas José Marques e ao coorientador Dr. Cristiano Mathias Zimmer, pelos valiosos ensinamentos e pelo tempo dedicado à realização deste trabalho.

À Corteva Agriscience, pela possibilidade de realização do Mestrado e por disponibilizar as estruturas e recursos necessários para a realização desta pesquisa.

Aos líderes da Corteva Agriscience Abelardo de La Vega, Renato Borges Pereira e Edvaldo Bizinoto, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos colegas de trabalho, Bruna Valoto, Edmir Filho, Elcio Alves, Elcio Samecima, Gabriel Medeiros, Tiago Carvalhais e à toda a equipe de funcionários que contribuíram de alguma forma com a execução deste trabalho.

Aos meus familiares, especialmente à minha esposa Leandra, que me apoiou, incentivou e sempre esteve a meu lado.

BIOGRAFIA

Mateus Polo, filho de Vilson Polo e Idalina Girelli Polo, nasceu em 24 de maio de 1988 em Realeza, Paraná.

Completo o Ensino Fundamental no Colégio Estadual Dom Carlos Eduardo em Realeza, Paraná, no ano de 2002. Completo o Ensino Médio no Colégio Estadual Doze de Novembro em Realeza, Paraná, no ano de 2005.

Em 2008, iniciou como assistente técnico de pesquisa na Coodetec em Cascavel, onde permaneceu até 2018.

Graduou-se em Agronomia, em 2011, pela Faculdade Assis Gurgacz, em Cascavel, Paraná.

Entre 2018 e 2021, trabalhou como Pesquisador Associado na empresa Corteva Agriscience na estação de pesquisa de Palmas, Tocantins. Em 2021, iniciou como Pesquisador Associado na estação de Pesquisa da Corteva Agriscience em Indianópolis, Minas Gerais.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Evolução de área plantada com milho de primeira e segunda safra no Brasil entre os anos agrícolas de 1980/1981 e 2023/2024.....	17
Figura 2. Evolução da produção e produtividade de milho de primeira e segunda safra no Brasil entre os anos agrícolas de 1980/1981 e 2022/2023.	17
Figura 3. Escala diagramática utilizada para avaliação da <i>Bipolaris maydis</i>	31
Figura 4. Exemplificação da diferença de severidade da <i>Bipolaris maydis</i> em dois híbridos de milho A) Híbrido 1, baixa severidade (nota 1); B) Híbrido 11, alta severidade (nota 7)......	32
Figura 5. Unidade experimental do híbrido 4 contendo plantas com presença e ausência de sintomas de enfezamento.....	33
Figura 6. Precipitação pluviométrica, temperatura diária máxima e temperatura diária mínima no período de outubro de 2022 a junho de 2023 (Safr 2022/2023) na estação de pesquisa da Corteva Agriscience em Indianópolis-MG.....	38
Figura 7. Radiação solar (MJ m^{-2}) no período de outubro de 2022 a junho de 2023 (Safr 2022/2023) na estação de pesquisa da Corteva Agriscience em Indianópolis-MG.	39
Figura 8. Gráfico de médias de notas de <i>Bipolaris maydis</i> (BIP) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	50
Figura 9. Gráfico de porcentagem de plantas com enfezamento (ENF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	51
Figura 10. Índices de correlações fenotípicas entre as variáveis produtividade de grãos (PROD), peso de mil sementes (PMS), massa seca da parte aérea (MSPA), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), número de folhas verdes (NFV), índice de área foliar (IAF), dias entre o plantio e o florescimento (DPF), dias entre o plantio e a maturação fisiológica (DPMF), nota de severidade de <i>Bipolaris maydis</i> (BIP) e porcentagem de plantas com enfezamento (ENF). ...	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Híbridos de milho, características fenotípicas e transformação genética nos materiais utilizados na pesquisa.	27
Tabela 2. Caracterização química do solo antes da semeadura dos experimentos na estação de pesquisa da Corteva Agriscience localizada no município de Indianópolis-MG.....	28
Tabela 3. Ingredientes ativos utilizados no controle de plantas daninhas, pragas e doenças dos experimentos.....	28
Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos para as variáveis, altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), dias entre o plantio e o florescimento (DPF), dias entre o plantio e a maturação fisiológica (DPMF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), número de folhas verdes (NFV), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA), peso de mil sementes (PMS), produtividade de grãos (PROD), nota de severidade de <i>Bipolaris maydis</i> (BIP) e porcentagem de plantas com enfezamento (ENF).	37
Tabela 5. Médias de altura de plantas (AP), de 16 híbridos de milho cultivados em cinco épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	40
Tabela 6. Médias de altura da inserção da espiga (AIE), de 16 híbridos de milho cultivados em cinco épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	41
Tabela 7. Médias de número de dias do plantio ao florescimento (DPF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	42
Tabela 8. Médias de dias do plantio à maturação fisiológica (DPMF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	43
Tabela 9. Médias de comprimento da folha (CF), de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	44
Tabela 10. Médias de largura da folha (LF), de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	45
Tabela 11. Médias de número de folhas verdes (NFV) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	46
Tabela 12. Médias de índice de área foliar (IAF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	47

Tabela 13. Médias de notas de severidade de <i>Bipolaris maydis</i> e porcentagem de plantas com enfezamento de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	49
Tabela 14. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) (caule + folha + espiga) , de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	52
Tabela 15. Médias de peso de mil sementes (PMS), de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.....	53
Tabela 16. Médias de produtividade de grãos (PROD), de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG.	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1.A cultura do milho: aspectos botânicos e evolutivos	14
2.2.A importância e crescimento do mercado de milho no Brasil.....	15
2.3.Principais fatores ambientais associados à produtividade do milho.....	19
2.3.1 Temperatura.....	19
2.3.2. Fotoperíodo e Radiação Solar.....	20
2.3.3.Disponibilidade Hídrica.....	22
2.4.Resposta fisiológica do milho em condições de primeira e segunda safra.....	23
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1.Local da pesquisa.....	26
3.2.Material vegetal	26
3.3.Característica do solo e condução dos experimentos	27
3.4.Delineamento experimental.....	29
3.5.Avaliações fenotípicas.....	29
3.5.1.Altura de plantas.....	29
3.5.2.Altura da Inserção da espiga.....	29
3.5.3.Dias entre o plantio e o florescimento	29
3.5.4.Dias entre o plantio e a Maturação fisiológica	29
3.5.5.Comprimento da folha	30
3.5.6.Largura da folha.....	30
3.5.7.Número de folhas verdes	30
3.5.8.Índice de área foliar	30
3.5.9.Nota de severidade de <i>Bipolaris maydis</i>	31
3.5.10.Porcentagem de plantas com enfezamento	32
3.5.11.Massa seca da parte aérea (caule + folha + espiga) do milho	33
3.5.12.Peso de mil Sementes	34
3.5.13.Produtividade de Grãos	34
3.6 Análise Estatística	34
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	36

5.CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS	59

RESUMO

A busca por híbridos de milho mais produtivos, resistentes as principais doenças que afetam a cultura e adaptados a diferentes épocas de semeadura, tem sido alvo dos programas de melhoramento. A hipótese da pesquisa é que as épocas de semeadura afetam as características e produtividade do milho pela interação com o ambiente. Sendo assim, o objetivo da pesquisa é identificar características agrônômicas associadas a ampla adaptação dos híbridos de milho em condições de primeira e segunda safra, a fim de contribuir com as estratégias de seleção de híbridos, pelos programas de melhoramento de milho. Os experimentos foram realizados em condições de campo na safra de 2022/23 na estação de pesquisa da Corteva no município de Indianópolis-MG. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial com cinco épocas de semeadura e dezesseis híbridos, com três repetições. Foram avaliadas altura das plantas, altura da inserção da espiga, florescimento, número de dias entre o plantio e a maturação fisiológica, comprimento de folhas, largura de folhas, número de folhas verdes, índice de área foliar, nota de severidade para *Bipolaris maydis*, porcentagem de plantas com enfezamento, massa seca da parte aérea (caule + folha + espiga) do milho, peso de mil sementes e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância individuais e conjunta, e quando observadas diferenças entre os tratamentos pelo teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott. Concluímos que a massa seca da parte aérea e peso de mil sementes podem ser utilizadas para identificar híbridos com ampla adaptação em condições de primeira e segunda safra. Os híbridos 3 e 7 mostraram ter ampla adaptação as diferentes épocas de plantio. A resistência a *Bipolaris maydis* foi significativa na adaptação dos híbridos de milho em condição de primeira safra, enquanto a resistência ao enfezamento impactou diretamente na adaptação dos híbridos de milho em condição de segunda safra.

Palavras-chave: adaptação; épocas de semeadura; híbridos de milho.

ABSTRACT

The search for more productive corn hybrids, resistant to the main diseases that affect the crop and adapted to different sowing times, has been the target of breeding programs. The hypothesis of the research is that the sowing times affect the characteristics and productivity of corn by interacting with the environment. Thus, the aim of the research is to identify agronomic characteristics associated with the wide adaptation of corn hybrids in first and second crop conditions, in order to contribute to hybrid selection strategies by corn breeding programs. The experiments were carried out under field conditions in the 2022/23 harvest at the Corteva research station in the municipality of Indianópolis-MG. A randomized block design was used in a factorial scheme with five sowing times and sixteen hybrids, with three replications. height, ear insertion height, flowering, number of days between planting and physiological maturation, leaf length, leaf width, number of green leaves, leaf area index, severity score for *Bipolaris maydis*, percentage of plants with stunting, shoot dry mass (stem + leaf + ear) of corn, weight of a thousand seeds and grain yield were valued data were submitted to individual and joint analysis of variance, and when differences were observed between the treatments by the F test, the means were grouped by the Scott-Knott test. We conclude that the shoot dry mass and weight of one thousand seeds can be used to identify hybrids with wide adaptation in first and second crop condition.

Keywords: adaptation; sowing times; corn hybrids.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos 40 anos, a cultura do milho apresentou avanços significativos em todo o mundo, impulsionada pela crescente demanda mundial por alimentos. A busca por híbridos mais produtivos, tolerantes às principais doenças que afetam a cultura e adaptados a diferentes épocas de semeadura tem sido um dos desafios na seleção dos programas de melhoramento.

O milho, no Brasil, é cultivado em duas épocas diferentes: na primeira, também conhecida como safra, a semeadura inicia-se em setembro e se estende até final de novembro. A segunda época é também conhecida como segunda safra ou safrinha, com semeadura de janeiro a março, período em que o milho enfrenta condições climáticas menos favoráveis quando comparado com a primeira safra.

A época de semeadura é um dos fatores mais importantes que influenciam o potencial produtivo na cultura do milho (Cunha *et al.*, 2019) e pode causar alteração no ciclo da cultura, nos aspectos fisiológicos e morfológicos podendo afetar os componentes de produção (Buso *et al.*, 2017). Além disso, a época de semeadura pode favorecer o aparecimento de algumas doenças, como enfezamento em épocas de semeadura mais tardias. Fatores climáticos também podem interferir no crescimento e desenvolvimento do milho, como umidade do solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo (Cruz *et al.*, 2006).

Em função dos grandes desafios e importância da cultura, programas de melhoramento de milho têm desenvolvido híbridos adaptados para cada época de semeadura (Magalhães *et al.*, 2002). No entanto, há escassez de informações sobre as características associadas à adaptação de híbridos de milho em condições de primeira e segunda safra.

Considerando a ampla janela de semeadura do milho, é possível que os híbridos semeados em diferentes épocas expressem o seu potencial genético e seus componentes de produtividade de forma diferente em função da interação com o ambiente.

Sendo assim, o objetivo da pesquisa é identificar características agronômicas associadas à ampla adaptação dos híbridos de milho em condições de primeira e segunda safra, a fim de contribuir com as estratégias de seleção de híbridos mais adaptados pelos programas de melhoramento de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho: aspectos botânicos e evolutivos

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea da classe Monocotyledonae, ordem Poales e família Poaceae (Von Pinho *et al.*, 2017). É uma planta originária das Américas, com evidências de cultivo há cerca de 7.000 anos, possivelmente na região do México (Môro e Fritsche-Neto, 2017; Magalhães; Durães, 2008). Civilizações antigas, como os astecas, maias e incas desempenharam papéis significativos no desenvolvimento e na disseminação do cultivo do milho em suas áreas de domínio (Paterniani; Campos, 2005).

A domesticação seletiva ao longo dos milênios transformou o milho para atender às necessidades humanas, mas frequentemente à custa de sua capacidade de sobreviver no ambiente natural. Essas mudanças seletivas ao longo do tempo resultaram em uma planta de milho altamente adaptada, mas que muitas vezes se tornou menos apta a sobreviver e se reproduzir de forma independente no ambiente natural. Desta forma, tornou-se cada vez mais dependente da intervenção humana para seu cultivo (Môro; Fritsche-Neto, 2017).

A planta de milho é caracterizada como monoica, ou seja, apresenta os órgãos masculinos e femininos na mesma planta; no entanto, as inflorescências são distintas. A parte masculina é denominada de pendão e a feminina de espiga ou boneca (Borém, 2013). É uma planta diploide ($2n = 20$ cromossomos) e alógama, na qual a reprodução é realizada por meio da polinização cruzada. Outra característica dessa planta é que se trata de uma espécie protândrica, que denota que o pendão aparece antes que a espiga esteja receptiva (Balbinot, 2011).

A flor masculina do milho é constituída por três estames e cada pendão pode produzir cerca de 50 milhões de grãos de pólen, que levam em torno de oito dias para sua formação (Bergamaschi; Matzenauer, 2014). O pendão possui coloração variável, de uma tonalidade esverdeada a vermelho-escuro, e pode atingir de 50 a 60 cm de comprimento. Quando o pendão se sobressai, não há mais o desenvolvimento da parte aérea do milho e o crescimento do sistema de raízes é reduzido. Isto ocorre por aproximadamente de 4 a 5 dias antes dos estilo-estigmas estarem aptos (Barros; Calado, 2014).

A inflorescência feminina surge a partir da diferenciação das gemas já existentes nas axilas foliares do colmo. A estrutura da espiga é semelhante a um ramo lateral, com internódios mais curtos, da qual se originam as bainhas foliares. À medida que essas bainhas

surgem, elas se sobrepõem umas às outras, envolvendo firmemente as inflorescências (Barros; Calado, 2014).

O estilo-estigma é desenvolvido a partir do ovário originado de cada flor, que possui um único óvulo (Barros e Calado, 2014). As flores femininas, ou espiguetas, são parcialmente cobertas pelas glumas e contêm internamente uma flor envolvida pela pálea e pela lema. Cada espiguetas possui duas flores, uma pedicelada e outra séssil, mas apenas a flor superior de cada espiguetas é funcional, pois a inferior geralmente está atrofiada (Lima, 2006).

As folhas são constituídas por duas partes principais: a bainha que envolve os entrenós e a lâmina ou limbo. Na junção entre a bainha e o limbo, há a formação de uma lâmina curta e perpendicular chamada de lígula, com a função de controlar a entrada de água e impurezas, assim como reduzir a evaporação (Paterniani; Miranda Filho, 1987; Barros; Calado, 2014).

A altura da planta de milho em cultivares utilizados no Brasil geralmente supera 2 metros, mas existem aquelas de porte muito mais baixo e também de porte muito mais alto, superando quatro metros. A altura de plantas sofre variações em função do híbrido, das condições climáticas, do fornecimento de água à planta, das características do solo, assim como o nível de fertilidade e da disponibilidade de nutrientes (Barros; Calado, 2014).

O florescimento do milho ocorre, aproximadamente, de 50 a 100 dias após a semeadura e é influenciado principalmente pela temperatura. As mais altas tendem a acelerar o processo de florescimento, enquanto as mais baixas podem retardá-lo (Embrapa, 1996; Barros; Calado, 2014). O fotoperíodo também influencia no processo de florescimento do milho, sendo que dias mais longos aumentam a fase vegetativa das plantas.

O milho tem o mecanismo fotossintético C4, e é considerado o cereal de maior eficiência na produção de grãos. Apesar de ser um dos cereais mais eficientes fisiologicamente e com grande capacidade de produção, a planta de milho é sensível a variações ambientais, sobretudo, o estresse hídrico. Assim, é importante tornar o sistema de manejo mais rigoroso e eficiente, com o intuito de permitir a expressão máxima do seu potencial produtivo (Oliveira, 2014).

2.2. A importância e crescimento do mercado de milho no Brasil

O milho é um cereal de grande importância na agricultura tanto brasileira quanto mundial devido às suas diversas formas de utilização e benefícios econômicos (Paes, 2008). Embora seja principalmente conhecido como uma importante fonte de energia através do amido presente em seus grãos, especialmente para a produção de ração de animais

monogástricos, o milho pode ser utilizado como matéria-prima de diferentes produtos, apresentando mais de 3500 formas de utilização direta ou indireta (Môro; Fritsche-Neto, 2017).

O milho ocupa posição de destaque entre as espécies agrícolas mundialmente cultivadas, em função de seu alto valor energético e de custo relativamente baixo, quando observado o grande número de produtos em que pode ser empregado. No cenário mundial, o milho ocupa a segunda posição em área cultivada e apresenta o maior volume de produção, segundo dados na USDA (2016). No Brasil, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Companhia Nacional de Abastecimento, 2024) o milho é a cultura com o segundo maior volume de produção e área plantada na safra 2022/23.

Desde meados de 1980, a introdução do cultivo de milho no período de inverno, conhecido como “safrinha” ou segunda safra, foi uma importante iniciativa que contribuiu significativamente para essa transformação. Essa iniciativa surgiu na região sul do Brasil, onde os agricultores tinham como objetivo ter mais uma opção de cultivo para o inverno, uma vez que a cultura do trigo estava pouco competitiva (Mattos; Silveira, 2018).

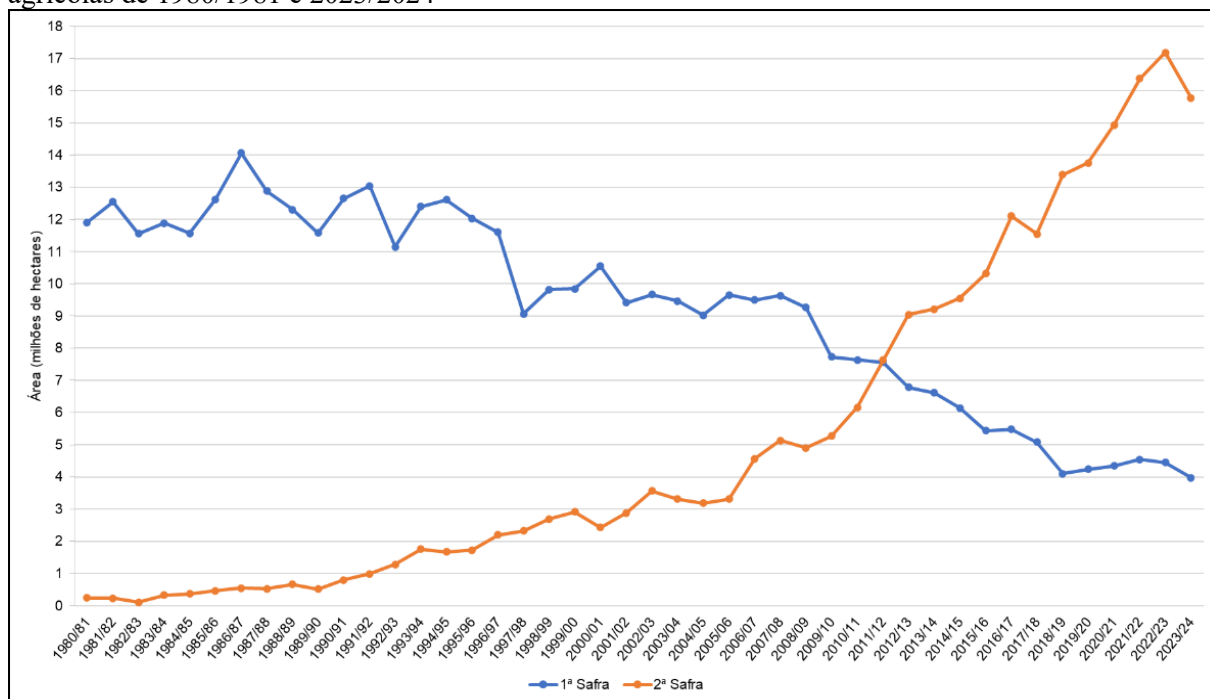
A partir de 1984, os dados do milho safrinha do Paraná começaram a serem registrados nos relatórios da antiga comissão de Financiamento da Produção (atualmente CONAB). Depois das primeiras experiências, esse sistema se expandiu para as outras regiões do Brasil, como São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso. Desde então, o milho no Brasil é plantado em dois períodos: na primeira safra e na segunda. A primeira safra corresponde ao período de setembro a janeiro, quando há maior concentração de chuvas. A segunda safra inicia-se em janeiro e finaliza em agosto (Mundim *et al.*, 2018).

Com o decorrer do tempo, a introdução da segunda safra de milho possibilitou aos agricultores diversificar suas atividades agrícolas ao longo do ano. Isso permitiu uma melhor utilização da infraestrutura e recursos disponíveis durante o período de inverno. Além disso, o cultivo nesta época abriu novas oportunidades de mercado, com a oferta de milho em momentos do ano em que havia alta demanda, proporcionando estabilidade de preços e renda aos produtores (Mattos; Silveira, 2015).

Neste contexto, um estudo realizado por Souza *et al.* (2023) apresentou evidências que permitem concluir que o crescimento da segunda safra do grão no Brasil reduziu a importância da sazonalidade na formação de preços do milho na maior parte do país ao longo dos anos considerados na pesquisa. Segundo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Companhia Nacional de Abastecimento, 2024), a área de milho de primeira safra vem diminuindo, enquanto a de segunda safra vem crescendo ao longo dos anos (Figura

1). Observa-se que a partir da safra 2011/2012 houve inversão entre a primeira e segunda safra, pois a segunda superou a primeira em quantidade de área plantada no Brasil.

Figura 1 - Evolução de área plantada com milho de primeira e segunda safra no Brasil entre os anos agrícolas de 1980/1981 e 2023/2024

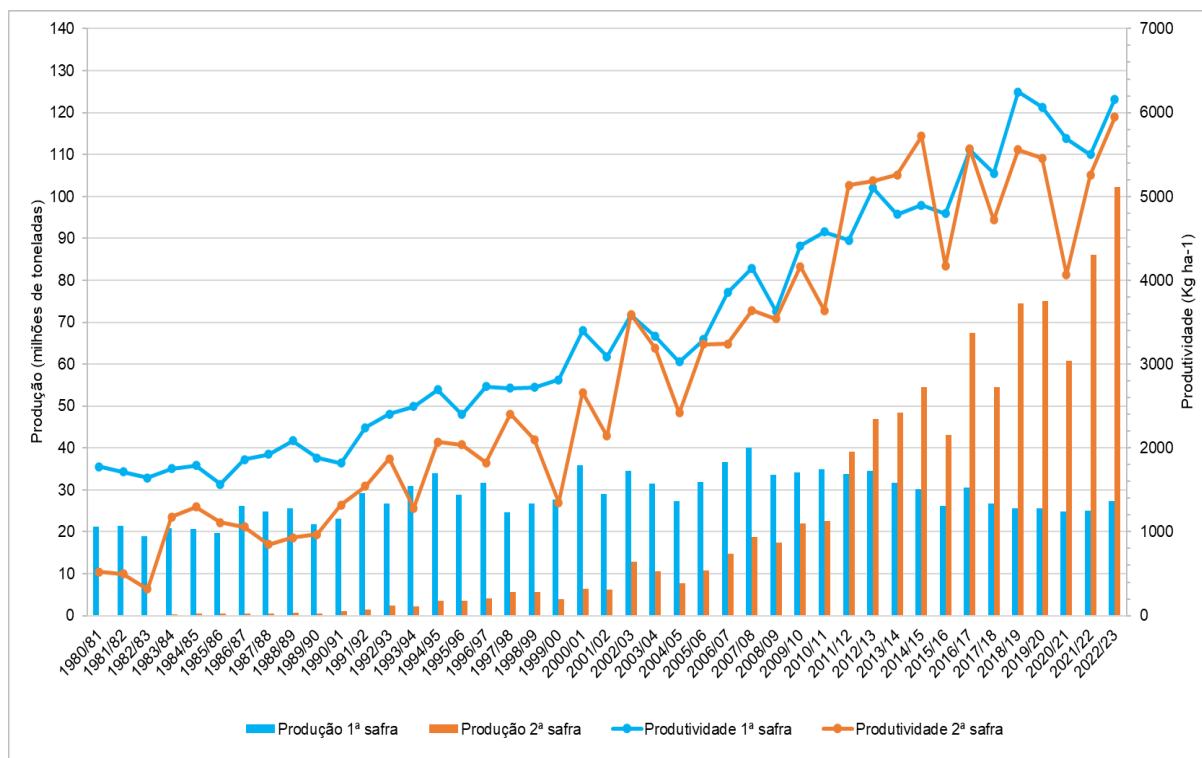


Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados de (CONAB, 2024).

Na safra 2023/2024, a área de milho plantada no Brasil, contabilizando a primeira e segunda safra, foi de 19,75 milhões de hectares. Do total da área plantada, apenas 3.973 mil de hectares correspondem a primeira safra e outros 15.776 mil de hectares a segunda safra (CONAB, 2024).

Em relação à produção de milho, dados da CONAB (2024), ilustrados na Figura 2, demonstram que a primeira safra contabilizou, entre 1980/1981 e 2022/2023, valores entre 20 e 40 milhões de toneladas do grão, sendo o maior valor registrado na safra 2007/2008. A partir da safra 2013/2014, a produção de milho de primeira safra raramente ultrapassou a produção de 30 milhões de toneladas, o que pode ser explicado pela expressiva diminuição de área destinada ao milho de primeira safra.

Figura 2 - Evolução da produção e produtividade de milho de primeira e segunda safra no Brasil entre os anos agrícolas de 1980/1981 e 2022/2023



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados de CONAB (2024).

Entretanto, observa-se que a produção de milho de segunda safra apresentou um crescimento expressivo a partir da safra 2011/2012, período em que a segunda safra superou a primeira em quantidade de área plantada no Brasil. Na figura 2, é possível ainda observar um aumento significativo na produtividade. Na primeira safra, a produtividade partiu de 1.777,3 kg ha⁻¹ na safra de 1980/1981 para 6.159,6 kg ha⁻¹ na safra de 2022/2023. Na segunda safra, houve um crescimento de 522,6 kg ha⁻¹ para 5.946,8 kg ha⁻¹ no mesmo período (CONAB, 2024).

O incentivo ao plantio de segunda safra no Brasil está principalmente relacionado ao uso de cultivares de soja com maturação precoce, principalmente no centro-oeste, onde a colheita ocorre em dezembro e janeiro, permitindo o plantio de milho na sequência. Isso beneficia os agricultores devido à diluição dos custos fixos, como máquinas e mão de obra. Além disso, houve um aumento significativo na indústria de suínos e aves, o que fez com que o consumo de grãos aumentasse estimulando o plantio do milho de segunda safra (Mattos; Silveira, 2015).

O cultivo de milho de segunda safra estimulou ainda o desenvolvimento e adoção de tecnologias agrícolas específicas para esse período de cultivo, incluindo híbridos de milho mais adaptados ao ciclo de inverno, práticas de manejo do solo e da água e sistemas de rotação de culturas mais eficientes. Além destes impactos, o crescimento da segunda safra

influenciou a crescente participação do Brasil nas exportações mundiais do grão, o que levou a uma extensa demanda por ferramentas de comercialização e gerenciamento de risco no mercado brasileiro (Mattos; Silveira, 2015).

2.3. Principais fatores ambientais associados à produtividade do milho

2.3.1. Temperatura

A temperatura do ambiente e as plantas se correlacionam entre si devido à condição ótima de temperatura, que varia conforme o estágio fenológico da cultura. A temperatura da planta é relativamente a mesma do ambiente que a abrange, o que influencia nos seus processos metabólicos (Oliveira, 2014). O processo metabólico acelera a medida que a temperatura aumenta, e nos períodos mais frios ocorre o inverso (Cruz *et al.*, 2006).

Um dos métodos que avalia o efeito da temperatura no desenvolvimento das plantas é realizado por meio das unidades de calor, como graus-dia (Wagner *et al.*, 2011). Esse método resulta no princípio de que as plantas necessitam acumular quantidades específicas de calor a cada etapa de crescimento e desenvolvimento (Cruz *et al.*, 2006). Assim, o milho apresenta um desenvolvimento contínuo entre uma faixa de temperatura máxima e mínima, uma vez que a planta não se desenvolve em temperaturas abaixo de 10°C ou acima de 30°C (Wagner *et al.*, 2011).

Temperaturas entre 25°C e 30°C, de acordo com Cruz *et al.*, (2010), proporcionam boas condições para a germinação das sementes de milho. No solo, as temperaturas inferiores a 10°C e superiores a 42°C afetam negativamente o processo de germinação. Ao estudar o efeito da temperatura na germinação de sementes de milho, Silva e Nepomoceno (2021) constataram que a temperatura ideal para germinação de sementes da cultivar de milho biofortificado (BRS-4104) está entre 20 e 35 °C.

No período de florescimento e enchimento de grãos, temperaturas inferiores a 15,5 °C são desfavoráveis, pois retardam o período reprodutivo. Contudo, se as temperaturas forem superiores a 32°C, haverá dano na germinação e na viabilidade do grão de pólen. Da mesma forma, se durante o período noturno ocorrer uma temperatura elevada (superior a 24 °C), proporcionará um alto consumo energético em relação ao incremento da respiração celular, resultando em um menor saldo de fotoassimilados, além de favorecer a redução do ciclo da planta (ampliação da soma térmica diária), assim como de sua área foliar, ocasionando em queda na produtividade (Fancelli, 2015a).

A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência até a floração, está situada entre 24°C e 30°C, e em temperaturas menores que 10 °C o desenvolvimento é praticamente nulo. Amaral *et al.* (2017), comparando temperaturas médias diurnas de 25°C, 21°C e 18°C, constataram que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de 21 °C. Afirmam, portanto, que a queda de rendimento sobre altas temperaturas é referente ao curto período de enchimento de grãos mediante a diminuição do ciclo da planta.

Aparecido *et al.* (2020), ao analisarem a temperatura do ar e sua influência na produtividade do milho em várias cidades na região do Mato Grosso do Sul, observaram que a produtividade média das localidades da região norte foi superior em relação às do sul do estado, com uma diferença de 1,5°C na temperatura média, e de 231,2 kg. ha⁻¹ de produtividade.

2.3.2. Fotoperíodo e Radiação Solar

A radiação solar é a principal fonte de calor do mundo e fator importante para a realização da fotossíntese. É uma energia luminosa originária do sol, emitida por meio de ondas eletromagnéticas e provedora de luz. Assim, a radiação solar é fundamental para a compreensão dos processos e relações físicas, químicas e biológicas na biosfera, principalmente nos sistemas de produção agrícola (Andrade *et al.*, 2014).

Existem duas formas na qual a radiação solar pode atingir a superfície terrestre: direta e difusa. Basicamente, a quantidade de radiação difusa, assim como sua intensidade, depende da latitude, altitude, declinação solar e da nebulosidade. O aproveitamento da radiação solar pela planta vai depender de sua capacidade fotossintética, ou seja, da sua habilidade de captar e utilizar a luz (Cobucci; Biava, 2005).

Um dos processos mais importantes para o crescimento e desenvolvimento vegetal é a fotossíntese (Taiz; Zeiger, 2017). A radiação solar que é fonte para que esse processo ocorra. A sua limitação sobre o dossel das plantas influencia negativamente a produtividade das culturas (Van Ittersum *et al.*, 2013).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) está relacionada ao rendimento de grãos de determinada cultura, e quando ela é absorvida pelas folhas, é reutilizada no processo fotossintético (Bergamaschi; Matzenauer, 2014). Na cultura do milho, a restrição da radiação solar prejudica o processo fotossintético da planta, no qual 90% da matéria seca do milho é resultante da fixação de CO₂, causando perdas produtivas (Salvadé, 2023).

A planta não absorve toda radiação solar emitida, pois parte que chega à superfície é refletida, outra parte é absorvida e uma outra transmitida. Esta energia atinge a superfície vegetal e o solo com diferente intensidade e varia de acordo com a estrutura do dossel (Norman; Campbell, 1989).

O milho é considerado uma planta de dias curtos, sendo que o aumento do fotoperíodo pode levar ao aumento na duração da etapa vegetativa e, assim, ocasionar um acréscimo no número de folhas emergidas durante a diferenciação do pendão e do número total de folhas produzidas pela planta. No entanto, nas condições brasileiras de cultivo, os híbridos de milho apresentam pouca sensibilidade às variações do fotoperíodo (Bergamaschi; Matzenauer, 2014). Isso ocorre porque o Brasil está localizado em latitudes onde as variações sazonais no fotoperíodo não são tão pronunciadas em comparação com outras regiões do mundo. Neste caso, outros fatores como temperatura, disponibilidade de água e manejo da cultura tendem a ter um impacto maior na produtividade do milho no Brasil (Cruz *et al.*, 2006).

O processo fotossintético é influenciado pelas alterações nas taxas de radiação que podem prejudicar o desenvolvimento da planta. O excesso de radiação pode causar um estresse luminoso em um processo denominado de fotossistema, em que se inicia a fotossíntese. O aumento de fótons pode proporcionar uma excitação elevada nas moléculas de clorofila. Embora a planta apresente certos mecanismos de defesa, o excesso de fótons pode ocasionar a formação de espécies reativas de oxigênio, que são tóxicas à planta (Taiz; Zeiger, 2017).

A redução da luminosidade também pode prejudicar a maturação dos grãos, diminuindo a produtividade (Hammad *et al.*, 2016). Isso ocorre devido às condições de baixa radiação solar, em que a taxa relativa de transferência de elétrons é diminuída, acarretando ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) e a desproporção no metabolismo celular (Feng *et al.*, 2021), como redução do número de cloroplastos na área foliar, modificações estruturais e baixo desempenho nos cloroplastos existentes, reduzindo a taxa fotossintética, além de ocasionar aceleração na senescência foliar (Feng *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2021).

Há uma correlação entre a época de semeadura e o período em que a planta de milho necessita de maior incidência de radiação solar. A época de semeadura é importante na prática de manejo para aprimorar a interceptação e uso da radiação solar (Duarte *et al.*, 2021). Para a escolha da melhor época de semeadura, deve-se levar em consideração a genética da planta, fenologia e manejo (Ribeiro *et al.*, 2020).

A época de semeadura para determinada região deve proporcionar que o período de floração se realize durante os dias mais longos do ano e o enchimento dos grãos em períodos

com alta incidência de radiação solar, quando a planta expressa seu máximo de área foliar. Segundo Andrea *et al.* (2018), uma boa interação entre o manejo da cultura e os fatores ambientais proporcionará o aumento da produtividade. Desse modo, a escolha correta da época de semeadura é essencial para obter a produtividade potencial de determinada cultivar para cada região.

2.3.3. Disponibilidade Hídrica

A disponibilidade de água é de suma importância para o pleno desenvolvimento da cultura do milho. A água apresenta várias funções na fisiologia das plantas e influencia em todos os seus processos metabólicos, como no transporte de nutrientes, fotossíntese, manutenção da turgidez celular, regulação de temperatura, síntese de compostos como carboidratos e proteínas (Fancelli, 2017).

A cultura do milho necessita ao longo do seu ciclo 600 mm de água. Quando as condições são de clima seco e quente, no início do ciclo o uso diário de água gira em torno de 3 mm dia⁻¹. Nos períodos entre a iniciação floral e maturação, esse uso diário pode atingir até 7 mm dia⁻¹ (Sans, 2009). O déficit hídrico ocorre quando não há fornecimento de água o suficiente para a planta. As fases mais sensíveis ao déficit hídrico são o início do florescimento, a floração plena e o enchimento dos grãos (Bergamaschi; Matzenauer, 2014).

O déficit hídrico na cultura do milho pode prejudicar significativamente todas as fases de crescimento. No período vegetativo, afetará a taxa de crescimento das plantas em relação ao decréscimo da área foliar e da biomassa. Desse modo, se as condições hídricas voltarem a ser favoráveis, os efeitos sobre a produtividade podem ser amenizados, podendo afetar menos o rendimento de grãos do que em outras fases mais críticas (Bergamaschi *et al.*, 2006). Contudo, se o déficit hídrico ocorrer no período de pré-floração e início do enchimento de grãos, a capacidade produtiva pode ser drasticamente reduzida (Morizet; Togola, 1984).

A mudança climática tem causado grandes alterações nos padrões de chuva. As culturas que são produzidas no sequeiro são dependentes das alterações meteorológicas e são influenciadas pela quantidade, intensidade e distribuição pluviométrica. Períodos longos de estiagem podem ocasionar o estresse hídrico com a redução de água disponível no tecido vegetal, proporcionando o fechamento dos estômatos, afetando o desenvolvimento e perda de turgescência e redução da produtividade (Bergamaschi *et al.*, 2006).

Quando há diminuição de chuvas associada com o aumento da temperatura, os efeitos podem ser maiores, comprometendo o desenvolvimento da planta (Coelho, 2013). No entanto,

grandes volumes de água em um curto espaço de tempo ocasionam um efeito negativo à cultura, caracterizado pela baixa concentração de oxigênio no solo, elemento fundamental para a respiração das raízes para absorção de água e nutrientes (Galon *et al.*, 2010).

A irrigação é uma alternativa de manejo em face das mudanças climáticas, minimizando o risco de redução da produção devido ao estresse hídrico (Cunha *et al.*, 2014, Ma *et al.*, 2017). No entanto, somente essa prática não certifica elevada produtividade do milho, pois existem outros fatores como temperatura noturna alta e baixa insolação, que podem prejudicar negativamente o desempenho da lavoura, além do alto custo da implementação do sistema irrigado em determinadas situações (Sans, 2009).

2.4. Resposta fisiológica do milho em condições de primeira e segunda safra

O milho, por ser uma planta de origem tropical, requer durante seu ciclo vegetativo temperatura e água para se desenvolver e produzir de forma satisfatória. Os processos de fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação ocorrem em função da energia disponível no ambiente, rotineiramente fornecida pelo calor. Já o crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados estão relacionados à disponibilidade hídrica do solo (Fancelli, 2015b).

Os efeitos destes fatores no milho estão diretamente relacionados a sua intensidade e quantidade. Quando se encontram em intensidade/quantidade ideais, proporcionam condições fisiológicas ideais à planta. Porém, quando há algum desvio destas condições, há alteração nas condições fisiológicas ideais da planta, levando a uma situação de estresse (Schulze *et al.*, 2005).

Além da intensidade e quantidade, os efeitos do estresse dependem ainda do tempo de exposição a ele, do genótipo da planta e das condições/estresses anteriores a que a cultura tenha sido submetida (Larcher, 2000). O déficit hídrico pode induzir a deficiência mineral, ocasionando a redução do desenvolvimento e no surgimento de deficiências nutricionais ao longo do crescimento do milho, diminuindo, assim, sua produtividade (Daryanto *et al.*, 2020).

Desta forma, o ambiente afeta de várias maneiras a cultura, especialmente o milho de segunda safra, no qual estresses por fatores abióticos, como radiação, temperatura, umidade e compostos químicos ocorrem com maior frequência. Fatores bióticos, como interação com outras plantas (plantas daninhas), patógenos e insetos também se fazem presentes e afetam a cultura (Souza, 2013).

Em situações de déficit hídrico no solo, o gradiente de potencial hídrico no sistema solo-planta-atmosfera é interrompido, levando a planta a entrar em um período de estresse hídrico devido à desidratação das células e tecidos, resultando geralmente na murcha das folhas. Uma das primeiras respostas da planta à baixa disponibilidade de água é a inibição da expansão foliar. Essa modificação é uma estratégia adaptativa da planta para diminuir a área transpiratória e conservar água durante períodos de estresse hídrico (Larcher, 2000).

Além da inibição da expansão foliar, durante períodos de déficit hídrico as plantas frequentemente fecham os estômatos como uma resposta para reduzir a perda de água por transpiração. No entanto, permanecem respirando, quando deveria estar ocorrendo a fotossíntese. Longos períodos com estômatos fechados impedem a entrada de dióxido de carbono, e, assim, a fotossíntese é afetada, gerando efeitos na produtividade. Nesta situação, os mecanismos de resfriamento das plantas são interrompidos, ocorre aumento da temperatura foliar e, como consequência, maior consumo de reservas, influenciando na menor produção de matéria seca pela planta (Borghi *et al.*, 2023).

O fechamento estomático pode ser hidropassivo e hidroativo. O fechamento hidropassivo ocorre em função da saída de água excessiva, devido ao processo transpiratório intenso e baixa reposição das células próximas. O fechamento hidroativo envolve a presença do ácido abscísico (ABA) nas folhas, mais comum em condições de segunda safra. O ABA exerce papel importante no estresse por deficiência hídrica em plantas de milho. O ABA desempenha influência na regulação da condutância hidráulica e das aquaporinas no processo de floração e enchimento de grãos (Marques *et al.*, 2021).

Em condições de baixa disponibilidade hídrica, como frequentemente ocorre na segunda safra, há um aumento significativo na concentração de ABA nas plantas de milho, regulando a abertura e o fechamento dos estômatos. Nestas condições, os estômatos tendem a fechar-se mais, reduzindo a perda de água por transpiração (Ribeiro *et al.*, 2020).

Além da síntese local de ABA nas folhas em resposta ao estresse hídrico, o fechamento estomático também pode ser causado pelo aumento do transporte de ABA para a parte aérea, através do xilema, o qual foi produzido nas raízes, em contato com o solo seco. Esse mecanismo permite que a planta limite a condutância de água, na forma de vapor, e a condutância do CO₂ nas folhas, limitando a fotossíntese, diminuindo a produção de açúcares e compostos importantes para o desenvolvimento da planta e intensificando a senescência da folha, alterando a relação fonte-dreno e reduzindo o período de enchimento e formação dos grãos (Salehi-Lisar; Bakhshayeshan-Agdam, 2020).

Além dos efeitos do déficit hídrico na planta descritos, a falta de água também pode afetar processos moleculares essenciais como a síntese de proteínas e RNA, implicando um aumento de aminoácidos livres que tem efeitos prejudiciais ao alongamento celular. Mesmo em condições de escassez hídrica, as células continuam o processo de divisão celular, porém o alongamento é reduzido e ou até inativado, dependendo da duração e da intensidade do estresse (Magalhães; Durães, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local da pesquisa

Os experimentos foram realizados em condições de campo na safra de 2022/23 na estação de pesquisa da Corteva Agriscience, localizada no município de Indianópolis-MG, sob as coordenadas geográficas com latitude 18°57'36.20"S, longitude 47°51'0.43"W e altitude de 958 metros. O clima, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é tropical com inverno seco (Aw). Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e estação seca no inverno, de maio a outubro (Dubreuil *et al.*, 2018).

Os dados meteorológicos, como índice pluviométrico, radiação e temperatura, foram obtidos, durante o período da condução dos experimentos, através da estação meteorológica mark 2 da Arable, instalada próximo à área onde foram realizados os experimentos. Foram realizadas algumas irrigações esporádicas na primeira e quinta época de semeadura (24/10 e 15/02) para manter a viabilidade dos experimentos. Na primeira época de semeadura (24/10), foi realizado apenas uma irrigação dois dias após o plantio para garantir a germinação do experimento. Na quinta época de semeadura (15/02), foram realizadas algumas irrigações para manter o experimento viável. Os dados de irrigação também foram coletados.

3.2. Material vegetal

Foram avaliados 16 híbridos de milho, sendo deles em pré-lançamento (experimentais), seis comerciais desenvolvidos pela Corteva Agriscience e quatro comerciais desenvolvidos por outras empresas (Tabela 1).

Tabela 1 - Híbridos de milho, características fenotípicas e transformação genética nos materiais utilizados na pesquisa

Híbrido	Características Fenotípicas				Transformação genética		
	Obtentor	Tipo	Season	Tecnologia	Resistência Lepidoptera	Tolerância herbicida Glifosato	Tolerância herbicida Glufosinato
Híbrido 1	Corteva	C	V/S	PWU	X	X	X
Híbrido 2	Corteva	E	V	PWU	X	X	X
Híbrido 3	Corteva	C	V/S	PWU	X	X	X
Híbrido 4	Corteva	E	V	Leptra R	X	X	
Híbrido 5	Corteva	E	V	PWU	X	X	X
Híbrido 6	Corteva	C	V	PWU	X	X	X
Híbrido 7	Bayer	C	V/S	PRO3	X	X	
Híbrido 8	Bayer	C	V/S	PRO4	X	X	
Híbrido 9	Bayer	C	S	PRO3	X	X	
Híbrido 10	Syngenta	C	V	VIP3	X	X	
Híbrido 11	Corteva	C	V	PWU	X	X	X
Híbrido 12	Corteva	C	V/S	Leptra	X		
Híbrido 13	Corteva	C	V/S	Leptra R	X	X	
Híbrido 14	Corteva	C	V	Leptra R	X	X	
Híbrido 15	Corteva	C	V	PWU	X	X	X
Híbrido 16	Corteva	E	V/S	PWU	X	X	X

C = Comercial; E = Experimental; V = Verão; S = Safrinha

Fonte: Dados internos Corteva Agriscience.

3.3. Característica do solo e condução dos experimentos

Antes de realizar o preparo do solo e semeadura, realizou-se amostragem de solo na profundidade de 0-20 cm, coletando-se cinco amostras simples, que constituiriam uma amostra composta. Após a coleta, ela foi enviada ao Laboratório de Análise Safrar Análises Agrícolas para realização de análises químicas. As características químicas do solo, na profundidade de 0-20 cm, estão apresentadas na Tabela 2. O solo onde a pesquisa foi realizada é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2004).

Após isso, foi realizada a análise, verificando que os teores dos nutrientes estavam de acordo com a exigência nutricional da cultura do milho. Foram realizadas as seguintes adubações considerando a extração de nutrientes pela cultura do milho: 220 kg de nitrogênio (20 kg ha aplicados na adubação de base e 200 Kg ha divididos em duas aplicações de cobertura através da fonte ureia), 130 kg ha de fósforo (aplicado todo em adubação de base através da formulação 5-37-00) e 150 kg/ha de potássio (aplicado todo em cobertura após o plantio, através da fonte cloreto de potássio).

Tabela 2 - Caracterização química do solo antes da semeadura dos experimentos na estação de pesquisa da Corteva Agriscience, localizada no município de Indianópolis-MG

pH	MO	P	K ⁺	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	CTC	V
H ₂ O	dag kg ⁻¹		-----cmol _c dm ⁻³ -----							%
5,7	1,47	0,107	0,351	0,031	3,06	0,98	0	2,61	7,0	62

pH: potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; P: fósforo; K⁺: potássio; S: enxofre; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Al³⁺: alumínio; H⁺ + Al³⁺: acidez potencial; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; V: saturação por bases.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças nos experimentos foi realizado através de pulverização tratorizada, utilizando os ingredientes ativos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Ingredientes ativos utilizados no controle de plantas daninhas, pragas e doenças dos experimentos

Estádio de aplicação	Herbicida	Dose	Inseticida	Dose	Fungicida	Dose
Tratamento de sementes			Clotianidina	400 ml/100 kg sementes	Carbendazim + Tiram	300 ml/100 kg de sementes
			Clorantraniliprole	60 ml/60.000 sementes	Metalaxil + Fludioxonil	150 ml/100 kg de sementes
Pré-plantio	Glifosato Glufosinato	4 L/ha 2 L/ha	Metomil	0,4 L/ha		
Pré-emergência	Atrazina + S-metalacoloro	4 L/ha				
VE-V1			Acefato	1,2 kg/ha		
V2-V3	Atrazina	4 L/ha	Metomil + Novaluron	0,5 L/ha		
			Imidacloprid + Bifentrina	0,4 L/ha		
	Tembotriona	0,25 L/ha	Metoxifenoazida	180 ml/ha		
V4-V5			Metomil	0,6 L/ha		
			Espinetoram	0,1 L/ha		
			Etiprole	1 L/ha		
V6 - V7			Acefato	1,2 kg/ha		
			Benzoato de emamectina	0,3 Kg /ha		
V8-V10			Clorantraniliprone	125 mL/ha	Picoxistrobina + Ciproconazol	0,8 L/ha
			Indoxacarbe	0,4 L/ha	Mancozebe	1,5 kg/ha
V11-VT			Benzoato de emamectina	0,3 Kg /ha	Mancozebe	1,5 kg/ha
			Bifentrina + Carbosulfano	0,7 L/ha		
			Imidacloprid + Bifentrina	0,4 L/ha	Azoxistrobina + Ciproconazol	0,3 L/ha

Fonte: O autor.

3.4. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial com cinco épocas de semeadura (24/10/2022, 21/11/2022, 21/12/2022, 16/01/2023 e 15/02/2023) e dezesseis híbridos de milho (Tabela 1), com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de 4,2 metros de comprimento e 0,8 metros de corredor, com espaçamento entre linhas de 0,5 metros e 4 plantas por metro linear, totalizando 80.000 plantas por hectare.

3.5. Avaliações fenotípicas

3.5.1. Altura de plantas

Calculada após o florescimento pleno da parcela, medindo-se cinco plantas por parcela, da distância entre o nível do solo até o nó de inserção do pendão.

3.5.2. Altura da Inserção da espiga

Obtida medindo-se cinco plantas por parcela da distância entre o nível do solo e a inserção da primeira espiga do colmo.

3.5.3. Dias entre o plantio e o florescimento

Obtido calculando-se o número de dias entre o plantio, até que 50% das plantas de cada parcela tivessem antese visível.

3.5.4. Dias entre o plantio e a Maturação fisiológica

Obtido calculando-se o número de dias entre o plantio até o momento que as espigas das parcelas apresentaram 33 a 34% de umidade.

3.5.5. Comprimento da folha

Com auxílio de uma régua, logo após a antese de todos os híbridos, seu comprimento foi obtido na folha imediatamente abaixo da espiga, em cinco plantas consecutivas, em uma das duas linhas centrais de cada parcela. O cálculo do comprimento da folha foi conseguido através da média dos valores de cinco plantas.

3.5.6. Largura da folha

Com auxílio de uma régua, logo após a antese de todos os híbridos, sua largura foi obtida na folha imediatamente abaixo da espiga, em cinco plantas consecutivas, em uma das duas linhas centrais de cada parcela. O cálculo da largura da folha foi conseguido através da média dos valores de cinco plantas.

3.5.7. Número de folhas verdes

A contagem do número de folhas verdes foi realizada logo após a antese de todos os híbridos, em cinco plantas consecutivas, em uma das duas linhas centrais de cada parcela. O cálculo do número de folhas foi realizado através da média dos valores obtidos de cinco plantas.

3.5.8. Índice de área foliar

Para o índice de área foliar, foram utilizadas as variáveis comprimento e largura da folha e número de folhas verdes. Para calcular o índice de área foliar, primeiramente foi calculada a área foliar de cada unidade experimental, conforme equação abaixo:

$$AF = CF * LF * NFV * FC$$

Em que:

AF- área foliar;

CF- comprimento da folha;

LF- largura da folha;

NFV- número de folhas verdes;

FC- fator de correção.

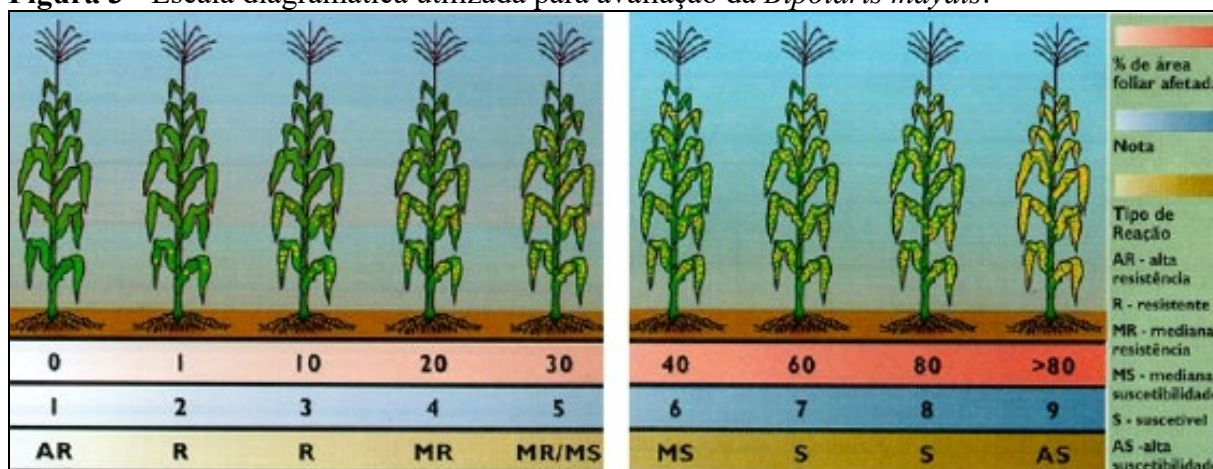
O fator de correção utilizado neste experimento foi de 0,7, segundo Fancelli e Dourado-Neto (2000). Em seguida, foi calculado o índice de área foliar através da seguinte equação:

$$IAF = \frac{\text{Área foliar da parcela (m}^2\text{)} \times \text{estande da parcela}}{\text{Área da parcela (m}^2\text{)}}$$

3.5.9. Nota de severidade de *Bipolaris maydis*

A nota de severidade de *Bipolaris maydis* foi obtida aos 90 dias após a semeadura, apenas na primeira e segunda época (24/10 e 21/11), devido à falta de sintomas nas demais épocas de semeadura. Para cada unidade experimental, foi atribuída uma nota de severidade, variando de 1 a 9, em que 1 corresponde à ausência de sintomas e 9 para plantas completamente afetadas (Figura 3).

Figura 3 - Escala diagramática utilizada para avaliação da *Bipolaris maydis*.



Fonte: Adaptado de Agrocere (1996).

Na Figura 4 é possível visualizar dois híbridos de milho que exemplificam as notas de severidade da *Bipolaris maydis* obtidas nos experimentos.

Figura 4 - Exemplificação da diferença de severidade da *Bipolaris maydis* em dois híbridos de milho A) Híbrido 1, baixa severidade (nota 1); B) Híbrido 11, alta severidade (nota 7).



Fonte: O autor.

3.5.10. Porcentagem de plantas com enfezamento

Aos 90 dias após a semeadura, foram contadas as plantas com sintomas de enfezamento apenas nas três últimas épocas de semeadura (21/12, 16/01 e 15/02) devido à ausência de sintomas na primeira e segunda época. Em seguida, através de regra de três simples, foi calculada a porcentagem de plantas com sintomas de enfezamento. Na Figura 5 é possível visualizar uma unidade experimental do híbrido 4 contendo plantas com presença (lado esquerdo da figura) e ausência de sintomas de enfezamento (lado direito da figura).

Figura 5 - Unidade experimental do híbrido 4 contendo plantas com presença e ausência de sintomas de enfezamento



Fonte: O autor.

3.5.11. Massa seca da parte aérea (caule + folha + espiga) do milho

Para massa seca da parte aérea do milho, na maturação fisiológica de cada parcela, foram coletadas seis plantas da quarta linha. Elas foram picadas em pedaços pequenos, colocadas em sacos de pano e postas para secar em estufa de ar forçado a 65°C durante 7 dias. Após a secagem, procedeu-se a coleta do peso da massa seca de cada parcela.

3.5.12. Peso de mil Sementes

Antes da colheita das parcelas, foram coletadas seis espigas de cada parcela, as quais posteriormente foram trilhadas e calculado o peso de mil sementes, de acordo com as Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009). A umidade das sementes foi determinada com equipamento da marca Gehaka modelo G810. O peso de mil sementes foi convertido para umidade de 13%, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Peso corrigido para umidade desejada(\%)} = \text{Peso úmido} \frac{100 - \text{Umidade atual}}{100 - \text{umidade desejada}}$$

3.5.13. Produtividade de Grãos

Para essa variável, foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela experimental, com colhedora de parcelas da marca John Deere modelo 1470. As sementes obtidas de cada parcela foram pesadas individualmente e o peso convertido para 13% de umidade, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Peso corrigido para umidade desejada(\%)} = \text{Peso úmido} \frac{100 - \text{Umidade atual}}{100 - \text{umidade desejada}}$$

3.6. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas através do software Genes (Cruz, 2009). Inicialmente realizou-se uma análise de variância individual por ambiente.

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \epsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} - valor observado na parcela do genótipo i no bloco j ;

μ - média geral do experimento;

g_i - efeito do i -ésimo genótipo;

b_j - efeito do j -ésimo bloco;

ϵ_{ij} - efeito do erro aleatório associado à observação de ordem ij .

Em seguida, com a finalidade de avaliar a homogeneidade das variâncias residuais dos experimentos, verificou-se a razão entre o maior e menor quadrado médio do resíduo para todas as variáveis. Como o valor obtido foi inferior a sete, pode-se afirmar que houve homogeneidade das variâncias residuais (Cruz, 2005).

Com a finalidade de verificar a existência de interação genótipo x ambiente, procedeu-se uma análise de variância conjunta, sendo considerados de efeito fixo os híbridos e de efeito aleatório as épocas de semeadura. Foi adotado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B_{Ajk} + A_j + GA_{ij} + E_{ij}$$

Onde:

Y_{ijk} é o valor observado na parcela do genótipo i , no bloco k , no ambiente j ;

m é a média geral do experimento;

G_i é o efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

B/A_{jk} é o efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente ($k = 1, 2, \dots, r$);

A_j é o efeito do j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, a$);

GA_{ij} é efeito da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente;

E_{ijk} é o efeito dos fatores não controlados ou acaso, ou seja, o erro aleatório.

Para verificar as correlações entre as variáveis avaliadas, foi realizada análise de correlações de Pearson.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados de análise conjunta, foi identificada diferença significativa entre as médias de produtividade de grãos (PROD), peso de mil sementes (PMS), massa seca da parte aérea (MSPA), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), número de folhas verdes (NFV), índice de área foliar (IAF), dias entre o plantio e o florescimento (DPF), dias entre o plantio e a maturação fisiológica (DPMF), nota de severidade de *Bipolaris maydis* (BIP) e porcentagem de plantas com enfezamento (ENF), conforme indicado pelo teste F ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Observou-se que houve diferenças significativas para a interação entre híbridos e épocas de semeadura para todos os caracteres avaliados, exceto para a variável ENF, que apresentou diferença significativa apenas para híbridos e épocas de semeadura de forma independente (Tabela 4).

Os coeficientes de variação oscilaram entre 1,03% e 15,51% observados nos caracteres dias entre plantio e florescimento (DPF) e nota de severidade de *Bipolaris maydis* (BIP), respectivamente (Tabela 3). A fonte de variação genotípica e os efeitos de épocas de semeadura foram significativos, o que indica que os genótipos se diferem entre si, assim como as épocas nas quais os experimentos foram semeados.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos para as variáveis, altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), dias entre o plantio e o florescimento (DPF), dias entre o plantio e a maturação fisiológica (DPMF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), número de folhas verdes (NFV), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA), peso de mil sementes (PMS), produtividade de grãos (PROD), nota de severidade de *Bipolaris maydis* (BIP) e porcentagem de plantas com enfezamento (ENF)

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		AP	AIE	DPF	DPMF	CF	LF
Blocos/E	10	198,57	137,86	1,08	3,47	15,75	0,59
Híbridos (H)	15	1450,19**	963,49**	50,82**	62,72**	394,33**	5,72**
Épocas (E)	4	6030,86**	2723,47**	245,57**	499,13**	623,87**	8,34**
H x E	60	87,75**	73,18**	1,71**	7,21**	31,35**	0,34**
Resíduo	150	46,50	34,56	0,42	2,13	7,01	0,20
Média	-	235,96	129,91	62,75	122,20	96,91	9,96
CV (%)	-	2,89	4,53	1,03	1,19	2,73	4,45

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		NFV	IAF	MSPA	PMS	PROD
Blocos/E	10	1,4	0,92	2793,02	757,70	2104385,21
Híbridos (H)	15	10,03**	5,12**	8691,81**	7830,68**	15323504,67**
Épocas (E)	4	17,66**	4,42*	189084,0**	191375,3**	363884610,47**
H x E	60	1,06**	0,92**	2196,66**	1971,96**	3955834,43**
Resíduo	150	0,22	0,26	1173,17	578,62	1195568,23
Média	-	12,26	5,99	289,44	299,11	9196,91
CV (%)	-	3,84	8,50	11,83	8,04	11,89

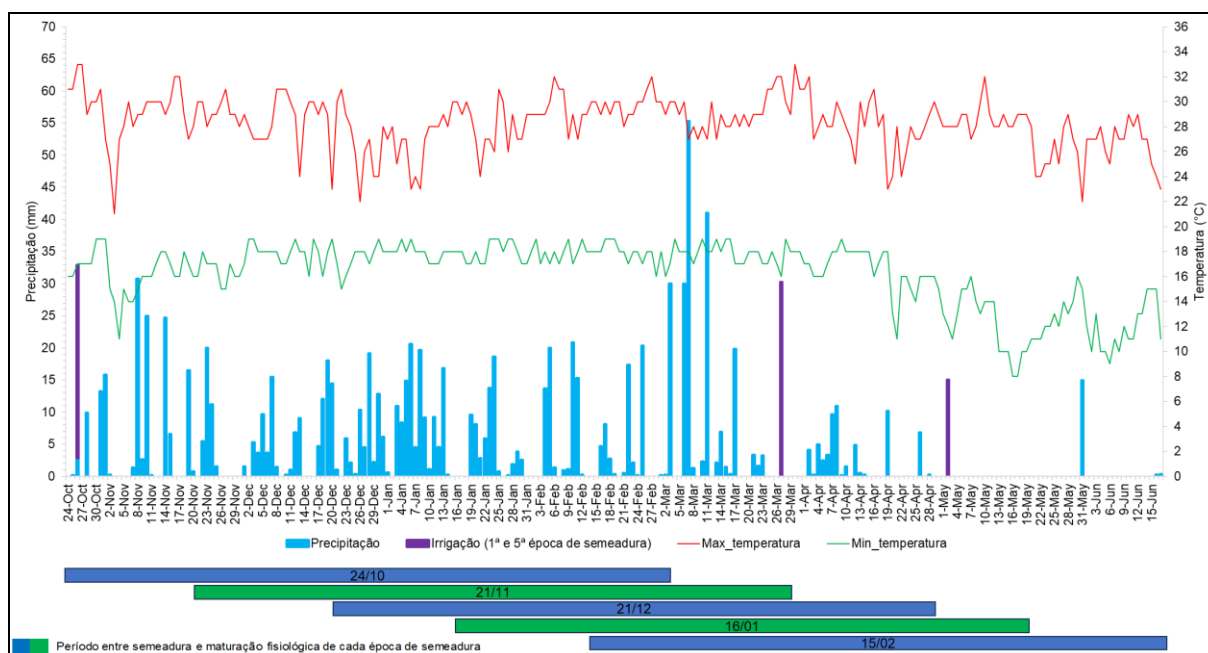
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio	GL	Quadrado Médio
		BIP		ENF
Blocos/E	4	1,78881	6	604,85878
Híbridos (H)	15	15,68214**	15	585,77881**
Épocas (E)	1	21,36066*	2	21807,23433**
H x E	15	2,52209**	30	124,92914 ^{ns}
Resíduo	60	0,2125	90	85,80587
Média	-	2,97	-	65,1417
CV(%)	-	15,51	-	14,22

* e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo; CV = coeficiente de variação (%).

Fonte: O autor

Na Figura 6, encontram-se os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura diária máxima e temperatura diária mínima durante o período de condução dos experimentos, da semeadura até a maturação fisiológica de cada época de semeadura. As condições de temperatura nas quatro primeiras épocas de semeadura (24/10, 21/11, 21/12 e 16/01) foram muito similares. As temperaturas apresentaram leve redução após o florescimento da quarta época de semeadura (16/01).

Figura 6 - Precipitação pluviométrica, temperatura diária máxima e temperatura diária mínima no período de outubro de 2022 a junho de 2023 (Safrá 2022/2023) na estação de pesquisa da Corteva Agriscience em Indianópolis-MG

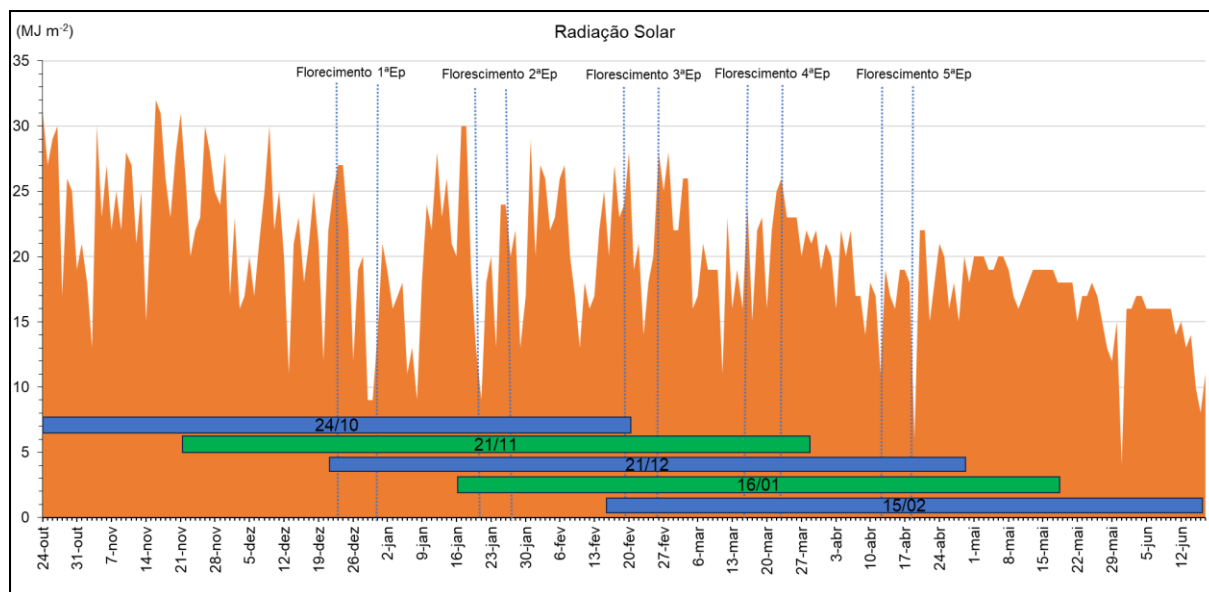


Fonte: Estação Meteorológica Arable (Corteva, 2023).

As condições pluviométricas foram semelhantes para as três primeiras épocas de semeadura (24/10, 21/11 e 21/12). A partir do período de florescimento da quarta época de semeadura, observou-se redução nas precipitações. Levando em consideração todo o período, da semeadura até a maturação fisiológica, a quarta época (16/01) apresentou redução de 30% nas precipitações pluviométricas comparada com a média das três primeiras épocas de semeadura. A quinta época teve redução de 47% em quantidade de água (precipitação + irrigação), comparada com a média das três primeiras épocas de semeadura.

Na Figura 7, encontram-se os dados de radiação solar durante o período de condução dos experimentos e da semeadura até a maturação fisiológica de cada época de semeadura. A radiação solar nas três primeiras épocas de semeadura (24/10, 21/11 e 21/12) foram muito similares. A partir do florescimento da quarta época de semeadura (16/01), observou-se redução na radiação solar, porém com menores variações.

Figura 7 - Radiação solar (MJ m^{-2}) no período de outubro de 2022 a junho de 2023 (Safrá 2022/2023) na estação de pesquisa da Corteva Agriscience em Indianópolis-MG



Fonte: Estação Meteorológica Arável (Corteva, 2023).

Segundo Favarato *et al.* (2016), a altura de plantas está diretamente ligada a altas produtividades, de modo que aquelas com estatura mais alta acumulam grandes quantidades de reservas provenientes da fotossíntese no colmo e que são distribuídas aos grãos quando chegam na fase de enchimento. Ao comparar as épocas de semeadura em relação à altura de plantas, destaca-se a primeira época de semeadura (24/10) com as maiores médias para todos os híbridos (Tabela 5), ao passo que a quarta época de semeadura (16/01) apresentou as menores médias. Buso *et al.* (2017), ao avaliarem o desempenho de híbridos de milho em três épocas de semeadura no Cerrado goiano, observaram que entre os híbridos avaliados, nas três épocas avaliadas houve uma variação das médias de altura de plantas entre 179 e 206 centímetros. Constatou que o plantio realizado mais cedo (30/11) proporcionou maior média de altura de plantas, em torno de 220 centímetros, corroborando os valores apresentados no presente trabalho.

Desdobrando os genótipos dentro de cada época de semeadura quanto à altura de plantas, na primeira época (24/10) os híbridos variaram de 241 a 272 centímetros e foram classificados em dois agrupamentos, sendo do grupo de maiores alturas os híbridos 2, 5, 10, 6 e 3. Na segunda época (21/11), as médias variaram entre 220 e 255 centímetros, sendo que o grupo de maiores médias foi composto pelos híbridos 2, 10 e 5 (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias de altura de plantas (AP), de 16 híbridos de milho cultivados em cinco épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	cm				
Híbrido 1	245 Ab	225 Bd	215 Bc	219 Bc	227 Bc
Híbrido 2	272 Aa	255 Ba	248 Ba	243 Ba	263 Aa
Híbrido 3	259 Aa	229 Cd	228 Cb	228 Cb	243 Bb
Híbrido 4	251 Ab	233 Bc	230 Bb	217 Cc	233 Bc
Híbrido 5	270 Aa	251 Ba	249 Ba	244 Ba	256 Ba
Híbrido 6	260 Aa	240 Bb	221 Cc	226 Cc	230 Cc
Híbrido 7	254 Ab	224 Cd	242 Ba	238 Ba	244 Bb
Híbrido 8	246 Ab	225 Bd	220 Bc	221 Bc	245 Ab
Híbrido 9	248 Ab	228 Bd	236 Aa	222 Bc	244 Ab
Híbrido 10	265 Aa	251 Ba	242 Ba	231 Cb	248 Bb
Híbrido 11	253 Ab	235 Bc	224 Cb	215 Cc	232 Bc
Híbrido 12	250 Ab	237 Ac	224 Bb	219 Bc	243 Ab
Híbrido 13	245 Ab	222 Bd	208 Cc	207 Cc	225 Bc
Híbrido 14	244 Ab	227 Bd	230 Bb	216 Cc	231 Bc
Híbrido 15	246 Ab	243 Ab	235 Aa	219 Bc	247 Ab
Híbrido 16	241 Ab	220 Bd	217 Bc	215 Bc	224 Bc

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Na terceira época (21/12), a altura de plantas variou entre 208 e 249 centímetros, sendo que o grupo de maiores médias foi composto pelos híbridos 5, 2, 10, 9, 7 e 15. A quarta época (16/01) apresentou variação de médias de altura entre 207 e 244 centímetros e apenas os híbridos 5, 2 e 7 foram classificados no grupo de maiores médias. Na quinta época, (15/02) os híbridos variaram entre 224 e 263 centímetros de altura, sendo que apresentaram as maiores médias os híbridos 2 e 5. Como pode-se notar, esses dois híbridos estiveram classificados entre as maiores médias em todas as épocas de semeadura (Tabela 5).

A altura de inserção da espiga (AIE) é um fator de natureza quantitativa de suma importância, juntamente com a altura das plantas, pois ambos estão diretamente ligados à tolerância ao acamamento. Uma relação elevada entre a inserção e a estatura pode influenciar o centro de gravidade da planta, afetando a tendência de acamamento e quebramento de plantas (Li *et al.*, 2007). Comparando as épocas de semeadura, pode-se destacar que a primeira época de semeadura (24/10) apresentou as maiores médias de AIE para a maioria dos híbridos, mostrando correlação com altura de plantas, sendo que a primeira época de semeadura (24/10) também foi a de maiores valores (Tabela 6). Esses resultados corroboram

Edwiges *et al.*, (2017), qu,e ao testarem o desenvolvimento e a produtividade de híbridos de milho em diferentes épocas de semeadura, em função das variáveis climáticas, no município de Tangará da Serra, MT, constataram que houve redução da altura de inserção da espiga com o avanço das datas de semeadura.

Tabela 6 - Médias de altura da inserção da espiga (AIE), de 16 híbridos de milho cultivados em cinco épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	cm				
Híbrido 1	141 Ac	126 Bc	121 Bc	122 Bb	127 Bc
Híbrido 2	152 Ab	134 Bb	134 Bb	122 Cb	134 Bb
Híbrido 3	152 Ab	128 Bc	131 Bb	124 Bb	130 Bb
Híbrido 4	142 Ac	130 Bc	128 Bb	125 Bb	132 Bb
Híbrido 5	152 Ab	135 Bb	136 Ba	141 Ba	130 Bb
Híbrido 6	144 Ac	127 Bc	114 Bc	122 Bb	121 Bc
Híbrido 7	145 Ac	115 Bd	138 Aa	136 Aa	136 Ab
Híbrido 8	129 Ae	118 Bd	117 Bc	117 Bc	125 Ac
Híbrido 9	139 Ad	118 Bd	129 Ab	117 Bc	130 Ab
Híbrido 10	165 Aa	146 Ba	143 Ba	137 Ba	145 Ba
Híbrido 11	147 Ac	129 Bc	129 Bb	117 Cc	123 Cc
Híbrido 12	142 Ac	134 Ab	120 Bc	122 Bb	132 Ab
Híbrido 13	127 Ae	122 Ad	111 Bc	110 Bc	119 Ac
Híbrido 14	134 Ad	133 Ab	128 Bb	122 Bb	124 Bc
Híbrido 15	150 Ab	137 Bb	132 Bb	130 Ba	141 Aa
Híbrido 16	126 Ae	110 Bd	115 Bc	113 Bc	113 Bc

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Classificando os híbridos em cada época de semeadura, pode-se verificar que o híbrido 10 foi o único classificado no grupo de maiores médias de altura de inserção de espiga em todas as épocas de semeadura, apresentando na primeira (24/10) e segunda época (21/11) a maior média entre os híbridos. Na terceira época de semeadura (21/12), o híbrido 10 não diferiu dos híbridos 7 e 5. Na quarta época (16/01), não diferiu dos híbridos 5, 7 e 15, e na quinta época (15/02) não diferiu do híbrido 15. Os híbridos 8, 13 e 16 foram classificados entre o grupo de menores médias de altura da inserção da espiga em todas as épocas de semeadura.

Para a variável número de dias entre o plantio e florescimento, as três primeiras épocas de semeadura (24/10, 21/11 e 21/12) apresentaram as maiores médias e foram muito semelhantes entre si (Tabela 7). Pode-se verificar que os híbridos 1 e 9 apresentaram as

menores médias de dias do plantio ao florescimento em todas as épocas de semeadura; no entanto, na quarta época (16/01), não diferiram dos híbridos 6, 7, 8, 14, 15 e 16.

Tabela 7 - Médias de número de dias do plantio ao florescimento (DPF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	dias				
Híbrido 1	61 Af	61 Ae	60 Ae	60 Ad	56 Bc
Híbrido 2	67 Aa	67 Aa	66 Ba	62 Cb	61 Da
Híbrido 3	67 Aa	66 Bb	66 Ba	64 Ca	61 Da
Híbrido 4	65 Ab	65 Ac	64 Ab	61 Bc	59 Cb
Híbrido 5	67 Aa	65 Bc	66 Aa	63 Ca	62 Da
Híbrido 6	63 Ad	63 Ad	63 Ac	60 Bd	58 Cb
Híbrido 7	64 Ac	63 Bd	64 Ab	60 Cd	59 Db
Híbrido 8	62 Be	63 Ad	63 Ac	60 Cd	59 Cb
Híbrido 9	60 Bf	62 Ae	62 Ad	59 Bd	57 Cc
Híbrido 10	67 Aa	66 Bb	66 Ba	63 Ca	61 Da
Híbrido 11	67 Aa	65 Bc	66 Aa	61 Cc	60 Ca
Híbrido 12	67 Aa	67 Aa	66 Aa	63 Ba	62 Ca
Híbrido 13	67 Aa	65 Bc	66 Ba	62 Cb	61 Ca
Híbrido 14	62 Ce	63 Bd	64 Ab	60 Dd	58 Eb
Híbrido 15	64 Ac	64 Ad	64 Ab	60 Bd	59 Bb
Híbrido 16	62 Be	63 Ad	63 Ac	60 Cd	59 Db

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Fiorini *et al.* (2012), entre vários fatores avaliados, verificaram o ciclo de híbridos de milho por meio do número de dias até o florescimento em dois locais e duas épocas de semeadura, uma em novembro e outra em dezembro de 2008. Eles constataram que, dentre os híbridos avaliados, as médias de dias variaram entre 62 e 72 dias, sendo que a semeadura em dezembro proporcionou maiores médias de dias entre o plantio e o florescimento, valores um pouco acima do que os do presente trabalho.

Analisando as médias de número de dias do plantio à maturação fisiológica, é possível observar que as três primeiras épocas de semeadura (24/10, 21/11 e 21/12) apresentaram as maiores médias para a maioria dos híbridos e foram muito semelhantes entre si (Tabela 8). A maioria dos híbridos apresentaram as menores médias de DPMF nas duas últimas épocas de semeadura (16/01 e 15/02), as quais foram muito semelhantes entre si.

Tabela 8 - Médias de dias do plantio à maturação fisiológica (DPMF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	dias				
Híbrido 1	120 Ad	122 Ad	119 Bd	117 Bc	117 Bb
Híbrido 2	122 Ac	123 Ac	124 Ac	119 Bb	121 Ba
Híbrido 3	128 Aa	126 Ab	126 Ab	119 Cb	122 Ba
Híbrido 4	123 Bc	125 Ab	127 Ab	115 Cc	117 Cb
Híbrido 5	129 Aa	128 Aa	128 Aa	120 Bb	120 Ba
Híbrido 6	128 Aa	126 Ab	127 Ab	119 Bb	121 Ba
Híbrido 7	122 Ac	121 Ad	122 Ac	117 Bc	117 Bb
Híbrido 8	120 Ad	121 Ad	120 Ad	117 Bc	117 Bb
Híbrido 9	122 Ac	123 Ac	123 Ac	116 Bc	117 Bb
Híbrido 10	126 Ab	124 Ac	122 Bc	119 Cb	119 Cb
Híbrido 11	123 Ac	124 Ac	125 Ab	118 Bc	122 Aa
Híbrido 12	129 Aa	128 Aa	130 Aa	123 Ba	120 Ca
Híbrido 13	130 Aa	127 Ba	126 Bb	118 Cb	118 Cb
Híbrido 14	126 Ab	124 Ac	125 Ab	120 Bb	119 Bb
Híbrido 15	123 Ac	124 Ac	123 Ac	118 Bc	119 Bb
Híbrido 16	125 Ab	125 Ab	124 Ab	119 Bb	117 Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

A diminuição do DPMF nas duas últimas épocas de semeadura pode estar associada às mudanças das condições climáticas como temperatura, radiação solar e, principalmente, pela diminuição da disponibilidade hídrica, observada a partir do florescimento da quarta época de semeadura (16/01). Segundo Bergamaschi *et al.* (2006), o déficit hídrico afeta o desenvolvimento das culturas, reduz o crescimento e acelera a senescência das folhas. Santos (2022) avaliou o desempenho de híbridos em diferentes épocas de semeadura na região da Nova Alta Paulista, e constatou variação no ciclo do milho. Na primeira época de semeadura (19/10), resultou em um fechamento de ciclo de 104 dias; na segunda época (10/11), a colheita foi realizada aos 114 dias após o plantio e, na terceira e última época (21/12), fechou o ciclo com 104 dias.

O híbrido 12 está classificado entre as maiores médias de dias do plantio à maturação fisiológica em todas as épocas de semeadura. Comportamento semelhante ocorreu com o híbrido 5, que apenas na quarta época (16/01) foi classificado no segundo grupo de médias; nas demais épocas foi classificado no primeiro agrupamento. De maneira geral, os híbridos

mais precoces foram 8 e 1 e foram classificados no grupo de menores médias em todas as épocas de semeadura (Tabela 8).

Para comprimento da folha (CF), pode-se verificar que a segunda época (21/11) foi classificada no grupo de maiores médias para todos os híbridos, variando de 90,9 a 108,5 centímetros (Tabela 9), corroborando os resultados encontrados por Júnior *et al.* (2021), que encontraram valores de médias de comprimento de folha entre 90,8 e 101,9 centímetros. Comparando os híbridos dentro de cada época de semeadura, é possível verificar que o híbrido 5 foi classificado no grupo de maiores médias em todas as épocas de semeadura. Em contrapartida, o híbrido 10 foi classificado no grupo de menores médias em todas as épocas de semeadura (Tabela 9).

Tabela 9 - Médias de comprimento da folha (CF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	cm				
Híbrido 1	97,0 Bb	103,3 Ab	91,7 Cc	95,6 Bc	96,1 Bc
Híbrido 2	100,7 Ba	108,5 Aa	101,7 Ba	103,0 Bb	102,6 Ba
Híbrido 3	100,7 Aa	101,5 Ab	97,5 Ab	99,7 Ab	99,2 Ab
Híbrido 4	99,3 Ba	105,6 Aa	101,1 Ba	100,0 Bb	97,6 Bb
Híbrido 5	102,0 Ba	108,1 Aa	103,8 Ba	106,6 Aa	103,4 Ba
Híbrido 6	100,0 Ba	107,5 Aa	93,7 Cc	95,3 Cc	97,5 Bb
Híbrido 7	95,7 Bb	100,4 Ac	97,8 Bb	102,4 Ab	102,0 Aa
Híbrido 8	95,3 Bb	101,4 Ab	87,2 Cd	91,1 Cd	94,6 Bc
Híbrido 9	96,3 Bb	102,9 Ab	93,6 Bc	80,6 Cf	94,9 Bc
Híbrido 10	83,1 Bc	90,9 Ad	79,1 Be	79,7 Bf	87,5 Ad
Híbrido 11	97,0 Bb	103,9 Ab	96,3 Bb	83,2 Cf	94,5 Bc
Híbrido 12	97,0 Bb	102,5 Ab	89,9 Dc	87,9 De	93,7 Cc
Híbrido 13	92,5 Bb	98,0 Ac	85,9 Cd	86,1 Ce	91,5 Bd
Híbrido 14	97,5 Bb	104,6 Ab	92,9 Cc	94,9 Cc	98,5 Bb
Híbrido 15	100,7 Aa	105,2 Aa	104,3 Aa	95,1 Bc	103,6 Aa
Híbrido 16	95,0 Bb	99,7 Ac	98,5 Ab	91,8 Bd	93,6 Bc

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Analisando a variável largura da folha, é possível verificar que a terceira época de semeadura (21/12) foi classificada entre as maiores médias para todos os híbridos, exceto para o híbrido 9, o qual a terceira época de semeadura (21/12) foi classificada no segundo grupo para este híbrido (Tabela 10). Em contrapartida, a quarta e quinta época (16/01 e 15/02) apresentaram, no geral, os menores valores de largura da folha. As médias dos híbridos 3 e 12

não diferiram entre as épocas de semeadura. Júnior *et al.* (2021) observaram valores médios de largura de folha variando entre 9,2 e 10,2 centímetros, semelhantes ao encontrado no presente trabalho que, na terceira época (21/12), considerada com as maiores médias, variou entre 8,8 e 11,4 centímetros. As menores médias de LF para as duas últimas épocas de semeadura (16/01 e 15/02) podem estar associadas às piores condições ambientais, como menor disponibilidade de radiação solar, menor disponibilidade hídrica e menores temperaturas registradas nesse período.

Tabela 10 - Médias de largura da folha (LF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	cm				
Híbrido 1	10,5 Aa	9,8 Bc	10,8 Ab	9,1 Bc	9,4 Bc
Híbrido 2	8,9 Bc	8,5 Bd	9,6 Ac	8,6 Bd	8,7 Bc
Híbrido 3	10,3 Aa	10,0 Ac	10,5 Ab	10,0 Aa	10,6 Aa
Híbrido 4	10,8 Ba	11,5 Aa	11,4 Aa	10,6 Ba	11,0 Ba
Híbrido 5	9,6 Bb	9,5 Bd	10,3 Ab	8,9 Bc	9,3 Bc
Híbrido 6	10,2 Aa	10,3 Ac	10,4 Ab	9,3 Bb	9,4 Bc
Híbrido 7	10,9 Aa	11,5 Aa	11,1 Aa	10,1 Ba	10,8 Aa
Híbrido 8	10,9 Aa	10,7 Ab	10,7 Ab	9,4 Bb	10,0 Bb
Híbrido 9	9,7 Ab	8,9 Bd	8,8 Bd	8,2 Bd	9,0 Bc
Híbrido 10	9,6 Ab	9,3 Ad	9,2 Ad	8,5 Bd	9,8 Ac
Híbrido 11	10,4 Aa	9,9 Bc	11,1 Aa	9,7 Bb	10,1 Bb
Híbrido 12	10,2 Aa	10,5 Ab	9,9 Ac	9,5 Ab	9,8 Ac
Híbrido 13	10,8 Aa	10,0 Bc	10,9 Aa	9,7 Bb	10,3 Bb
Híbrido 14	9,9 Ab	9,3 Bd	10,5 Ab	9,1 Bc	9,7 Bc
Híbrido 15	10,8 Aa	10,1 Bc	11,2 Aa	9,2 Cc	10,0 Bb
Híbrido 16	10,3 Aa	9,8 Bc	10,2 Ab	9,4 Bb	9,3 Bc

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Comparando os híbridos dentro de cada época de semeadura, verifica-se que os híbridos 4 e 7 foram classificados entre as maiores médias em todas as épocas de semeadura. Em contrapartida, os híbridos 2, 9, 10 e 5 foram classificados entre as menores médias em todas as épocas de semeadura (Tabela 10).

As folhas desempenham um papel importante na produção de fotoassimilados que serão utilizados no crescimento e desenvolvimento da planta (Lima *et al.*, 2010). Para a variável número de folhas verdes, a terceira época (21/12) foi classificada no grupo de

maiores médias para todos os híbridos, exceto para o híbrido 12, que apresentou na terceira época sua segunda melhor nota. A quarta e quinta épocas de semeadura (16/01 e 15/02) foram as que apresentaram, em geral, as menores médias de NFV para a maioria dos híbridos (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias de número de folhas verdes (NFV) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	Unidades				
Híbrido 1	11,9 Ab	11,7 Ad	12,3 Ad	11,4 Bc	10,9 Bc
Híbrido 2	9,5 Dd	10,9 Ce	13,3 Ab	11,9 Bb	11,3 Cb
Híbrido 3	12,8 Bb	13,1 Ac	13,7 Ab	12,9 Ba	12,3 Ba
Híbrido 4	11,3 Bc	11,9 Ad	11,9 Ad	11,3 Bc	10,7 Bc
Híbrido 5	12,6 Cb	13,3 Bc	14,5 Aa	12,0 Cb	12,4 Ca
Híbrido 6	12,4 Ab	12,7 Ac	12,5 Ac	12,2 Ab	11,1 Bb
Híbrido 7	13,1 Ab	12,9 Ac	13,7 Ab	12,0 Bb	11,6 Bb
Híbrido 8	12,3 Ab	12,0 Ad	12,2 Ad	11,1 Bc	10,7 Bc
Híbrido 9	12,5 Ab	12,2 Ad	12,1 Ad	11,6 Bc	11,2 Bb
Híbrido 10	14,0 Aa	14,1 Ab	14,3 Aa	13,1 Ba	12,9 Ba
Híbrido 11	9,7 Cd	10,7 Be	13,0 Ac	11,4 Bc	11,3 Bb
Híbrido 12	14,6 Aa	14,9 Aa	13,8 Bb	12,2 Cb	12,3 Ca
Híbrido 13	13,1 Bb	14,2 Ab	13,8 Ab	12,2 Cb	12,5 Ca
Híbrido 14	12,4 Ab	13,0 Ac	12,9 Ac	11,4 Bc	11,3 Bb
Híbrido 15	11,1 Bc	12,0 Ad	12,0 Ad	11,2 Bc	10,5 Bc
Híbrido 16	12,6 Ab	12,4 Ad	12,9 Ac	11,8 Bc	11,5 Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Comparando os híbridos dentro de cada época de semeadura, pode-se verificar que na primeira época (24/10) apresentaram as maiores médias de número de folhas verdes os híbridos 12 e 10, com médias de 14,60 e 14,00 respectivamente (Tabela 9). As menores médias de NFV na primeira época (24/10) foram 9,47 e 9,73, registradas pelos híbridos 2 e 11, respectivamente, os quais também apresentaram as menores médias entre os híbridos da segunda época (21/11). As médias mais baixas de NFV para esses híbridos podem ser atribuídas às maiores notas de *Bipolaris maydis* que impactaram esses híbridos nas duas primeiras épocas de semeadura (Tabela 11). Segundo Costa *et al.*, (2014), quando a infecção ocorre antes do florescimento em condições de alta pressão, a *Bipolaris maydis* pode queimar toda a folha do milho.

A maior média da segunda época (21/11) foi registrada pelo híbrido 12, com valor de 14,93. Na terceira época (21/12), as maiores médias foram 14,47 e 14,33, anotadas pelos híbridos 5 e 10, respectivamente. Na quarta época (16/01), apresentaram as maiores médias os híbridos 10 e 3, com valores de 13,1 e 12,9 respectivamente. Na quinta época (15/02), as maiores médias foram dos híbridos 10, 13, 5, 12 e 3, com valores de 12,9, 12,5, 12,4, 12,3 e 12,3, respectivamente (Tabela 11). Júnior *et al.* (2021) verificaram que a média do número de folhas variou entre 11,2 e 12,2 unidades, resultados semelhantes ao encontrado no presente estudo.

Para índice de área foliar, a terceira época (21/12) foi classificada entre o grupo de maiores médias para todos os híbridos, exceto para o 9 e 12 (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias de índice de área foliar (IAF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	m ² m ⁻²				
Híbrido 1	6,0 Aa	5,3 Ad	5,6 Ad	5,4 Ac	5,7 Ab
Híbrido 2	4,3 Cc	4,6 Cd	6,9 Ab	5,8 Bb	5,8 Bb
Híbrido 3	6,4 Ba	5,9 Bc	6,9 Ab	7,3 Aa	7,1 Aa
Híbrido 4	5,6 Ab	6,3 Ac	6,9 Ab	6,2 Ab	6,4 Aa
Híbrido 5	6,3 Ba	6,3 Bc	7,9 Aa	6,5 Bb	6,5 Ba
Híbrido 6	6,3 Aa	6,6 Ab	5,9 Ac	6,1 Ab	5,7 Ab
Híbrido 7	6,6 Ba	6,8 Bb	8,0 Aa	7,1 Ba	7,0 Ba
Híbrido 8	6,3 Aa	5,8 Ac	5,4 Ad	4,7 Bd	5,6 Ab
Híbrido 9	5,5 Ab	4,9 Bd	4,7 Be	4,3 Bd	5,2 Ab
Híbrido 10	5,5 Ab	5,9 Ac	5,6 Ad	4,8 Bd	6,1 Ab
Híbrido 11	4,7 Cc	5,2 Cd	7,3 Ab	5,2 Cc	6,0 Bb
Híbrido 12	7,1 Aa	7,6 Aa	6,5 Bc	5,8 Bb	6,1 Bb
Híbrido 13	6,3 Aa	6,0 Ac	6,3 Ac	5,5 Ac	5,9 Ab
Híbrido 14	5,5 Ab	5,5 Ad	6,3 Ac	5,1 Ac	5,9 Ab
Híbrido 15	6,1 Ba	6,2 Bc	7,7 Aa	5,5 Bc	5,9 Bb
Híbrido 16	5,6 Ab	5,3 Ad	6,2 Ac	5,9 Ab	5,4 Ab

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Os híbridos 1, 4, 6, 13, 14 e 16 não diferiram suas médias entre as épocas de semeadura. Limeira *et al.* (2023), ao avaliarem o híbrido de milho P3707VYH em duas épocas de semeadura na segunda safra, observaram diminuição do índice de área foliar na época de semeadura mais tardia. A semeadura em épocas inadequadas pode resultar em

alterações no desenvolvimento das plantas, como a diminuição da área foliar e da eficiência na utilização da luz solar (Matos, 2018).

Ao analisar os híbridos dentro de cada época de semeadura, pode-se notar que os híbridos 2 e 11, na primeira época (24/10), apresentaram as menores médias de IAF, 4,3 e 4,7, respectivamente. Na segunda época (21/11), esses híbridos também apresentaram as menores médias de IAF, ao lado dos híbridos 1, 9, 14 e 16. As menores médias de IAF para o híbrido 2 e 11 podem ser explicadas pelas menores médias de NFV nas duas primeiras épocas de semeadura.

Na terceira época (21/12), as maiores médias foram 8,0, 7,9 e 7,7, registradas pelos híbridos 7, 5 e 15, respectivamente. Nessa época, o híbrido 9 foi o que apresentou a menor média (4,7). Na quarta época (16/01), os híbridos 3 e 7 anotaram médias de 7,3 e 7,1 respectivamente, sendo as maiores desta época de semeadura (Tabela 12).

Os híbridos 8, 9 e 10 apresentaram as menores médias da quarta época (16/01), com valores de 4,7, 4,3 e 4,8, respectivamente. Na quinta época (15/02), os híbridos 7, 3, 5 e 4 foram os que registraram as maiores médias de IAF, com valores de 7,0, 7,1, 6,5 e 6,4, respectivamente (Tabela 12).

A época de semeadura é definida pelas causas climáticas, como temperatura, chuva e umidade de cada período. Essas causas predispõem as plantas a diferentes condições para o desenvolvimento de doenças (Almeida *et al.*, 2017). Assim, os principais fatores que determinam o manejo eficaz das doenças foliares do milho são a escolha da época de semeadura ideal e o uso de híbridos resistentes. Nas duas primeiras épocas de semeadura (24/10 e 21/11), a doença mais expressiva foi a *Bipolaris maydis*, sendo que para a maioria dos híbridos, a segunda época (21/11) foi a que apresentou as maiores médias de severidade da doença (Tabela 13). Nas três últimas épocas de semeadura (21/12, 16/01 e 15/02), não houve incidência dessa doença.

Pode-se observar que os híbridos 2 e 11 apresentaram as maiores médias em ambas as épocas de semeadura, indicando que eles são muito suscetíveis a *Bipolaris maydis*. Outros híbridos foram afetados por esse patógeno, principalmente na segunda época (21/11), como os híbridos 16, 8, 9, 13 e 10, com médias de 4,7, 4,3, 4,7, 4,0 e 4,0, respectivamente. Costa et al. (2018) avaliaram a reação de híbridos comerciais de milho a *Bipolaris maydis* em diferentes épocas de semeadura e observaram que as médias variaram, sendo que a primeira época (15/02/2017), a segunda época (24/02/2017) e a terceira época (14/03/2017), apresentaram médias de 1,6, 2,9 e 2,8 respectivamente, valores inferiores ao do presente trabalho.

Tabela 13 - Médias de notas de severidade de *Bipolaris maydis* e porcentagem de plantas com enfezamento de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

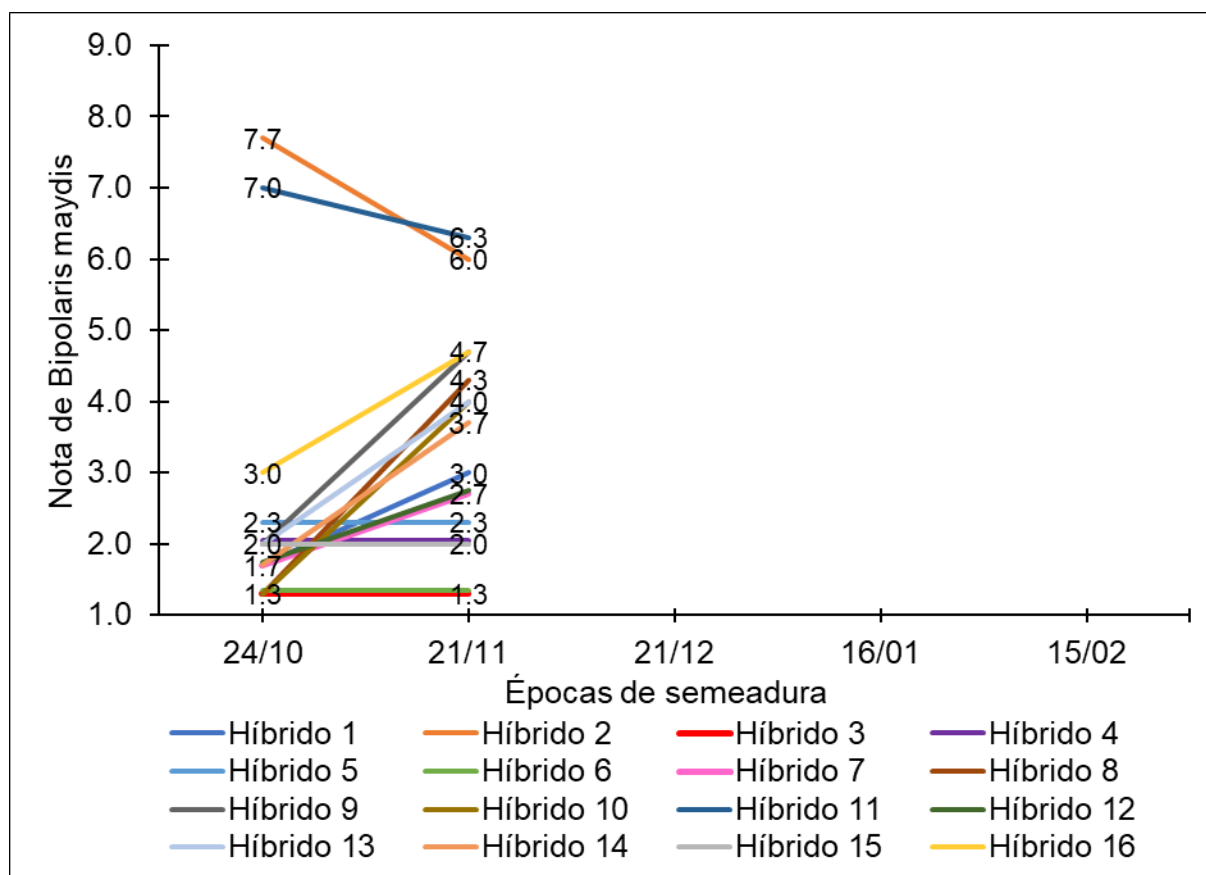
Híbridos	Épocas de semeadura					Média
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02	
	<i>Bipolaris maydis</i>		Enfezamento			
	Score (1 a 9)	%				
Híbrido 1	1,7 Aa	3,0 Bc	49	63	94	68,6 c
Híbrido 2	7,7 Bd	6,0 Ae	39	60	78	58,8 b
Híbrido 3	1,3 Aa	1,3 Aa	28	44	77	49,8 a
Híbrido 4	2,0 Ab	2,0 Aa	44	63	96	67,6 c
Híbrido 5	2,3 Ab	2,3 Ab	46	55	85	61,9 c
Híbrido 6	1,3 Aa	1,3 Aa	48	63	90	67,3 c
Híbrido 7	1,7 Aa	2,7 Bb	29	34	73	45,4 a
Híbrido 8	1,3 Aa	4,3 Bd	50	72	81	67,6 c
Híbrido 9	2,0 Ab	4,3 Bd	34	70	82	61,9 c
Híbrido 10	1,3 Aa	4,0 Bd	46	79	92	72,3 c
Híbrido 11	7,0 Ad	6,5 Ae	54	75	89	72,8 c
Híbrido 12	1,7 Aa	2,7 Bb	49	66	98	71,1 c
Híbrido 13	2,0 Ab	4,2 Bd	61	60	89	69,8 c
Híbrido 14	1,7 Aa	3,5 Bc	40	59	94	64,4 c
Híbrido 15	2,0 Ab	2,2 Ab	54	81	87	74,0 c
Híbrido 16	3,0 Ac	4,7 Bd	47	67	93	68,9 c
Média	2,5	3,4	44,9 A	63,2 B	87,4 C	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Na segunda época de semeadura (21/11), a menor média (1,3) foi observada para os híbridos 3 e 6. Pode-se inferir que esses apresentaram maior resistência para a *Bipolaris maydis* dentre os híbridos avaliados. O segundo menor valor foi registrado pelos híbridos 4 e 15 que apresentaram média 2,0, a qual foi a mesma média observada na primeira época de semeadura (24/10) para ambos os híbridos. A discrepância das médias entre os híbridos e épocas de semeadura quanto à severidade da *Bipolaris maydis* pode ser mais bem observada na Figura 8.

Figura 8 - Gráfico de médias de notas de *Bipolaris maydis* (BIP) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

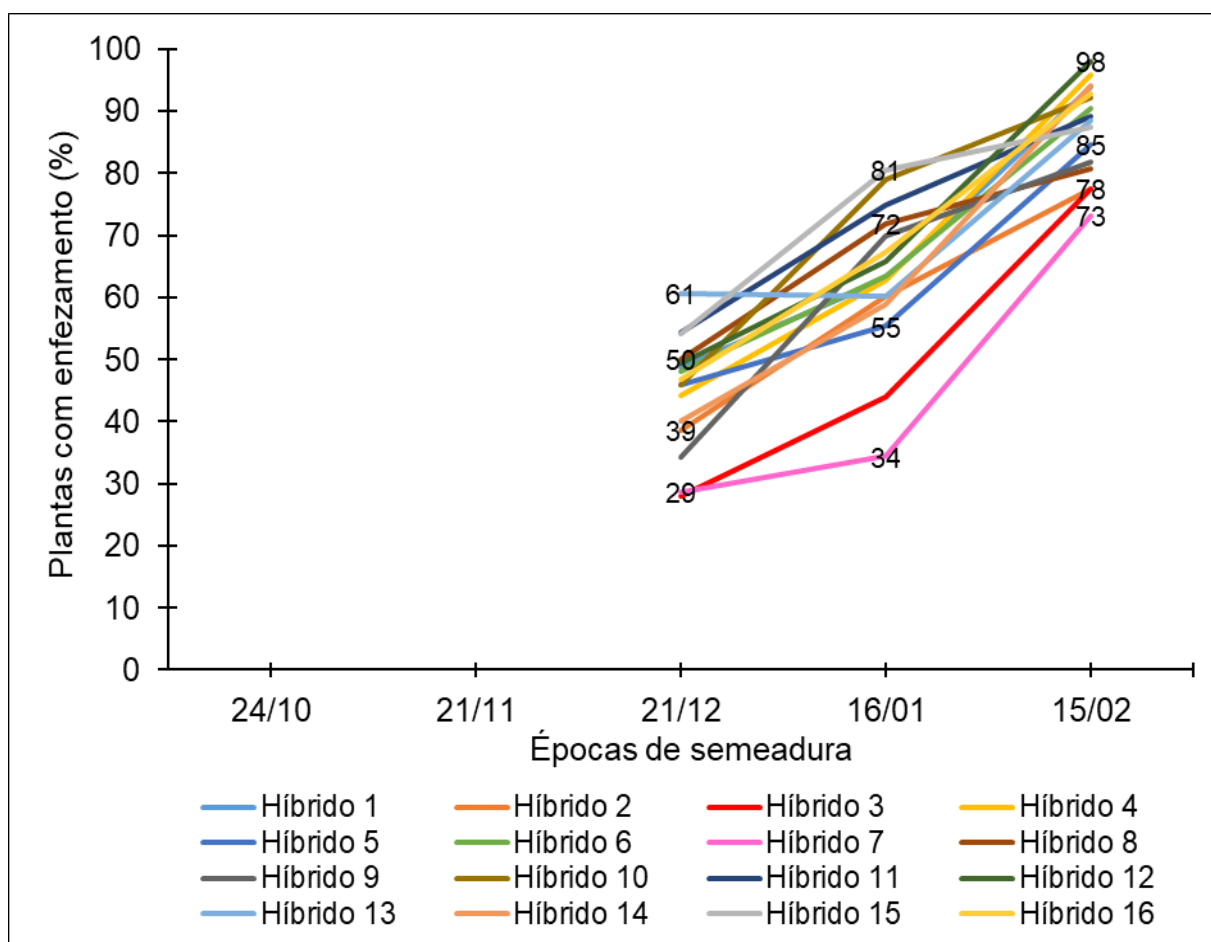


Fonte: O autor

Em relação ao enfezamento, pode-se verificar que a porcentagem de plantas com sintomas aumentou para as épocas de semeadura mais tardias (Tabela 13), sendo que as duas primeiras épocas de semeadura (24/10 e 21/11) não apresentaram sintomas de enfezamento. Esses resultados corroboram Costa *et al.* (2019), que avaliaram a ocorrência de enfezamentos e seus impactos na produtividade de híbridos de milho safrinha em várias épocas de semeadura e concluíram que os híbridos de milho apresentam grande variação em resistência ao enfezamento. Também identificaram que semeaduras mais tardias resultam em maior incidência da doença e menor produtividade de grãos. O aumento da incidência dessa doença para as épocas de semeadura mais tardias está relacionado à “ponte verde” que os milhos semeados mais cedo fazem para as épocas de semeadura mais tardias, ou seja, as cigarrinhas se reproduzem nos milhos das primeiras épocas de semeadura e migram para os milhos de segunda safra, aumentando a população de cigarrinhas e o inóculo da doença nas últimas épocas de semeadura.

Os híbridos 7 e 3 foram os que apresentaram as menores médias de porcentagem de plantas com enfezamento, 45,4 e 49,8%, respectivamente (Tabela 13). Isso pode ser indicativo que esses dois híbridos apresentam maior resistência aos enfezamentos quando comparados com os demais híbridos avaliados. A variação das médias entre os híbridos e épocas de semeadura quanto à porcentagem de plantas com enfezamentos pode ser mais bem observada na Figura 9.

Figura 9 - Gráfico de porcentagem de plantas com enfezamento (ENF) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG



Fonte: O autor.

Em relação à massa seca da parte aérea (caule + folha + espiga), observa-se que as primeiras três épocas de semeadura (24/10, 21/11 e 21/12) apresentaram os maiores valores para a maioria dos híbridos, com resultados semelhantes entre si. Por outro lado, as duas últimas épocas de semeadura (16/01 e 15/02) foram as menores para a maioria dos híbridos (Tabela 14).

Tabela 14 - Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) (caule + folha + espiga) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	g planta ⁻¹				
Híbrido 1	301 Ab	295 Ac	290 Ab	187 Bb	179 Ba
Híbrido 2	291 Bb	274 Bc	363 Aa	279 Ba	251 Ba
Híbrido 3	373 Aa	421 Aa	329 Bb	297 Ba	238 Ca
Híbrido 4	319 Bb	371 Aa	381 Aa	259 Ca	198 Da
Híbrido 5	373 Aa	405 Aa	365 Aa	276 Ba	219 Ca
Híbrido 6	318 Ab	323 Ab	298 Ab	233 Bb	203 Ba
Híbrido 7	394 Aa	369 Aa	347 Aa	299 Ba	215 Ca
Híbrido 8	366 Aa	362 Aa	326 Ab	249 Ba	204 Ba
Híbrido 9	322 Ab	270 Bc	335 Aa	213 Bb	230 Ba
Híbrido 10	330 Ab	331 Ab	347 Aa	197 Bb	167 Ba
Híbrido 11	282 Bb	300 Bc	353 Aa	240 Cb	211 Ca
Híbrido 12	360 Aa	313 Ab	316 Ab	215 Bb	171 Ba
Híbrido 13	284 Ab	327 Ab	345 Aa	210 Bb	157 Ba
Híbrido 14	326 Ab	286 Ac	295 Ab	239 Bb	185 Ba
Híbrido 15	341 Aa	344 Ab	346 Aa	228 Bb	218 Ba
Híbrido 16	380 Aa	337 Bb	308 Bb	262 Ca	191 Da

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor

Ao analisar os híbridos dentro de cada época de semeadura, nota-se que apenas na quinta época (15/02) não houve diferenças entre eles. Os híbridos 5 e 7 foram os únicos classificados entre as maiores médias de MSPA em todas as épocas de semeadura (Tabela 14). Os híbridos 3, 4 e 8, de forma geral, também apresentam médias elevadas, sendo classificados entre as maiores médias de MSPA em 4 das 5 épocas de semeadura. No entanto, os híbridos 1, 11, 12, 13, 14, de maneira geral, estão entre as menores médias de MSPA.

Para o PMS, pode-se destacar que as três primeiras épocas de semeadura (24/10, 21/11 e 21/12) foram as que apresentaram as maiores médias para a maioria dos híbridos. A última época de semeadura (15/02) apresentou as menores médias para todos os híbridos (Tabela 15). Esses resultados corroboram Nascimento *et al.* (2011) que, ao avaliarem três genótipos de milho em quatro épocas de semeadura, entre agosto de 2003 e fevereiro de 2004, observaram que a época de fevereiro apresentou as menores médias de peso de mil sementes para todos os genótipos avaliados. Os híbridos 14 e 7 foram os únicos classificados entre as maiores médias em todas as épocas de semeadura.

Tabela 15 - Médias de peso de mil sementes (PMS), de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	g				
Híbrido 1	327,3 Ab	344,7 Ab	311,0 Ab	315,0 Aa	201,7 Ba
Híbrido 2	238,3 Bc	282,0 Ac	276,0 Ac	289,0 Ab	192,3 Cb
Híbrido 3	327,0 Ab	342,3 Ab	337,3 Aa	310,3 Aa	242,0 Ba
Híbrido 4	342,9 Ab	344,3 Ab	368,0 Aa	299,3 Ba	208,3 Ca
Híbrido 5	351,0 Aa	356,3 Ab	344,3 Aa	267,3 Bb	175,3 Cb
Híbrido 6	369,3 Ba	404,0 Aa	353,3 Ba	313,3 Ca	172,7 Db
Híbrido 7	361,3 Aa	374,0 Aa	376,4 Aa	311,3 Ba	220,0 Ca
Híbrido 8	383,3 Aa	387,0 Aa	286,2 Cc	314,3 Ba	198,7 Da
Híbrido 9	368,0 Aa	335,1 Bb	366,3 Aa	322,3 Ba	183,6 Cb
Híbrido 10	320,3 Ab	308,0 Ac	349,0 Aa	265,3 Bb	164,0 Cb
Híbrido 11	231,7 Bc	293,8 Ac	324,2 Ab	279,0 Ab	218,3 Ba
Híbrido 12	362,7 Aa	359,3 Ab	350,7 Aa	282,7 Bb	170,7 Cb
Híbrido 13	308,0 Ab	296,0 Ac	318,3 Ab	253,3 Bb	148,7 Cb
Híbrido 14	371,3 Aa	376,8 Aa	389,3 Aa	308,7 Ba	209,0 Ca
Híbrido 15	310,7 Bb	344,0 Ab	336,7 Aa	283,7 Bb	167,0 Cb
Híbrido 16	319,7 Ab	310,0 Ac	317,0 Ab	301,7 Aa	185,3 Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

No presente trabalho, é possível observar que os híbridos semeados em outubro apresentaram alto valor de PMS, semelhante ao resultado encontrado por Karlec (2022), em que na segunda época de semeadura (18/10), obtiveram maiores médias de PMS, entre 233,99 e 323,23g.

Para produtividade de grãos, pode-se inferir que a terceira época de semeadura (21/12) foi classificada no grupo de maiores médias para todos os híbridos, exceto para o híbrido 8, que obteve sua maior produtividade de forma isolada na primeira época de semeadura (Tabela 16). A quinta época de semeadura (15/02) apresentou os menores valores de produtividade para todos os híbridos. Buso *et al.* (2017), ao avaliarem o desempenho de híbridos de milho em três épocas de semeadura (30/11/2011, 01/02/2012 e 20/02/2012) no Cerrado goiano, observaram que as menores produtividades foram constatadas nas duas épocas referentes ao mês de fevereiro, corroborando o presente trabalho. Na última época de semeadura (15/02), nota-se que as produtividades dos híbridos de milho ficaram abaixo da média de produtividade no estado de Minas Gerais, com exceção do híbrido 3, com média de produtividade de 6424 kg.ha⁻¹. Santos *et al.* (2018), ao avaliarem a produtividade de plantas

de milho cultivadas em quatro épocas de semeadura e quatro populações de plantas, observaram que a maior produtividade ocorreu com a semeadura em 15/02, com 8137 kg.ha⁻¹, resultado diferente do encontrado no presente trabalho.

Tabela 16 - Médias de produtividade de grãos (PROD) de 16 híbridos de milho cultivados em 5 épocas de semeadura, ano agrícola 2022/2023, em Indianópolis-MG

Híbridos	Épocas de semeadura				
	24/10	21/11	21/12	16/01	15/02
	Kg ha ⁻¹				
Híbrido 1	10239,0 Ab	9686,3 Ac	8339,0 Ac	8478,0 Ac	5086,0 Ba
Híbrido 2	8035,3 Cc	8036,0 Cc	14065,7 Aa	9895,7 Bb	5160,3 Da
Híbrido 3	12404,0 Aa	12666,7 Aa	12530,7 Aa	10736,0 Ab	6424,0 Ba
Híbrido 4	9829,9 Ab	10479,0 Ab	11105,0 Ab	6923,7 Bc	4810,3 Ca
Híbrido 5	12976,7 Aa	13103,3 Aa	12968,7 Aa	9337,7 Bc	4992,7 Ca
Híbrido 6	11539,3 Aa	11750,3 Aa	11418,0 Ab	9870,3 Ab	3782,7 Bb
Híbrido 7	12255,0 Ba	11306,8 Bb	14672,3 Aa	12931,3 Ba	5961,9 Ca
Híbrido 8	13605,0 Aa	10527,0 Bb	10642,7 Bb	8341,7 Cc	3532,0 Db
Híbrido 9	11667,7 Aa	9008,5 Bc	11528,0 Ab	8095,3 Bc	3532,7 Cb
Híbrido 10	10223,0 Ab	10918,3 Ab	11262,7 Ab	7662,0 Bc	4088,9 Cb
Híbrido 11	7901,7 Bc	8442,7 Bc	10876,5 Ab	7959,7 Bc	5267,3 Ca
Híbrido 12	10445,3 Ab	9088,3 Bc	10295,0 Ab	8144,3 Bc	3340,0 Cb
Híbrido 13	9930,0 Ab	9035,8 Bc	11273,0 Ab	8005,0 Bc	3745,3 Cb
Híbrido 14	9901,0 Ab	8619,7 Bc	11450,3 Ab	8306,7 Bc	3718,0 Cb
Híbrido 15	10422,7 Bb	10688,8 Bb	13004,0 Aa	7519,0 Cc	5329,7 Da
Híbrido 16	9034,7 Ac	10314,0 Ab	10930,3 Ab	9297,5 Ac	5033,7 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Levando em consideração todas as épocas de semeadura, pode-se verificar que os híbridos 3 e 7 apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos. O híbrido 5 também apresentou maiores médias em todas as épocas, com exceção da quarta (16/01), em que está classificado entre as menores médias de produtividade (Tabela 16). Miranda *et al.* (2021), ao compararem híbridos de milho na segunda safra em baixa altitude no extremo oeste do Estado do Paraná, verificaram que entre todas as épocas de semeadura, 14/02, 21/02, 28/02, 07/03 e 14/03, as maiores produtividades médias das cultivares foram na primeira e na segunda, variando entre 4377 kg.ha⁻¹ a 3346 kg.ha⁻¹, valores inferiores aos encontrados no presente trabalho, no qual, entre as épocas 16/01 a 15/02, as médias de produtividade foram superiores (8844,0 kg.ha⁻¹ e 4612,8 kg.ha⁻¹ respectivamente) (Tabela 16). Os híbridos 1, 11, 12, 13, 14, de maneira geral, apresentaram as menores médias de produtividade, considerando todas as épocas de semeadura (Tabela 16).

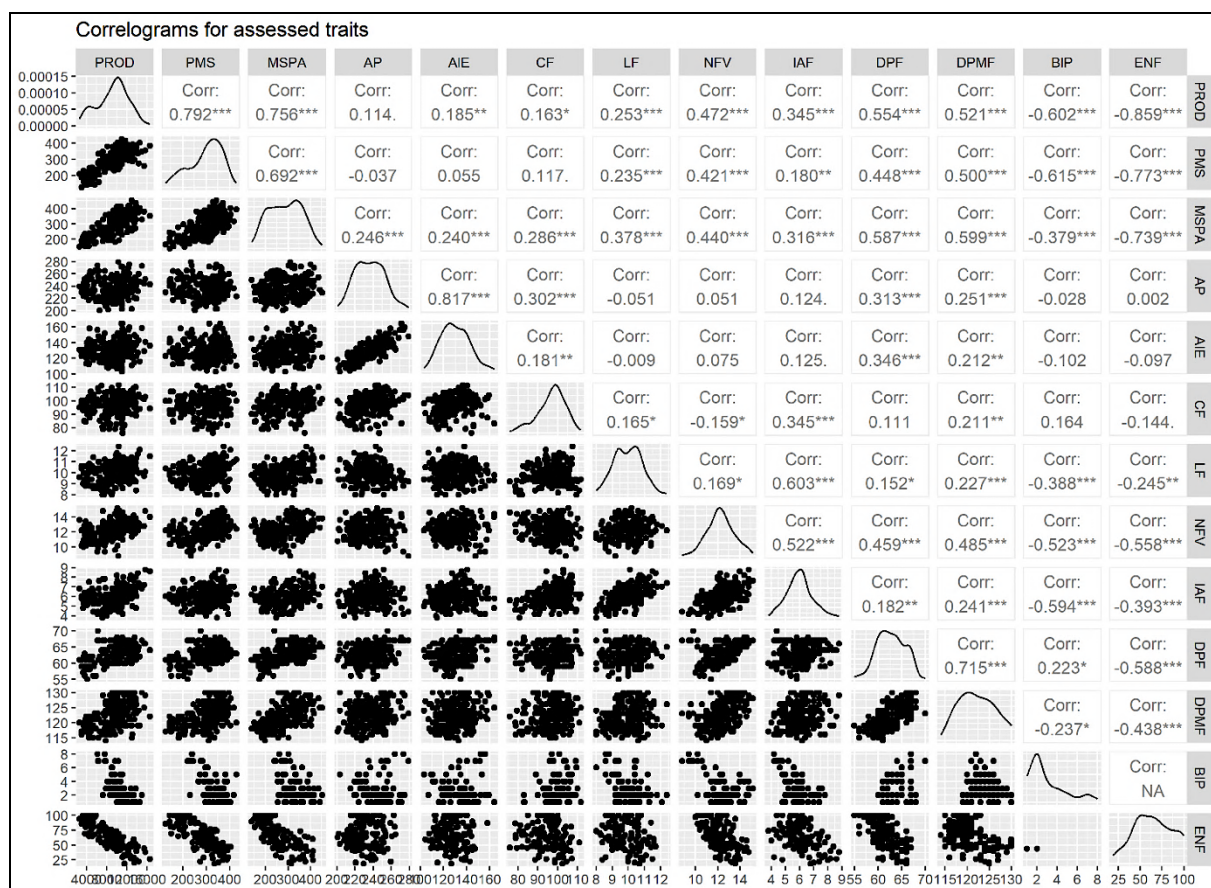
Conforme indica a Figura 10, os coeficientes de correlações fenotípicas demonstram variações tanto na magnitude quanto na direção das correlações entre as variáveis analisadas, sendo que, apesar da adição de níveis de significância estatística, os melhoristas de plantas tendem a valorizar mais o sinal (positivo ou negativo) e a magnitude na interpretação das correlações. Geralmente, critérios comuns incluem focar em estimativas abaixo de -0,5 ou acima de 0,5 (Lopes *et al.*, 2002).

Ao interpretar as correlações, três aspectos são relevantes: a magnitude, a direção e a significância. Quando a estimativa do coeficiente de correlação é positiva, indica que, à medida que uma variável aumenta, a outra também tende a aumentar. Por outro lado, um coeficiente negativo sugere que, à medida que uma variável aumenta, a outra tende a diminuir (Nogueira *et al.*, 2012).

A variável AP foi correlacionada positivamente com AIE (0,817), indicando que, quanto maior a altura de planta, maior deverá ser a altura da inserção da espiga. Grespan *et al.* (2023), ao avaliarem a influência de caracteres agronômicos na produtividade de grãos em híbridos de milho segundo safra cultivados no Maranhão, constataram que os caracteres altura de planta e altura da inserção da espiga apresentaram correlação positiva forte. Os resultados podem ser associados ao desenvolvimento inicial da planta, em que a distribuição de fotoassimilados entre os tecidos vegetativos para o crescimento da planta resultou em uma maior altura de inserção da espiga nas plantas de milho. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Bispo (2022), que identificou uma relação positiva entre a altura da planta e a altura de inserção da espiga em milho cultivado no semiárido.

As características morfológicas e fisiológicas controlam a produtividade de grãos, e as características que se correlacionam com a produtividade são influenciadas pelo controle genético. A elevação da produtividade e a melhoria das características genéticas ocorrem em função das características morfológicas e fisiológicas (Mousavi; Nagy, 2021). As correlações positivas entre IAF x NFV (0,522) e IAF x LF (0,603) indicam que híbridos com maior número de folhas verdes e com maior largura de folhas apresentaram maior índice de área foliar, o que já era esperado. O IAF apresentou alta correlação negativa com BIP (-0,594), indicando que, quanto maior a suscetibilidade dos híbridos à *Bipolaris maydis*, maior é a perda de área foliar. As correlações negativas NFV x ENF (-0,558) e NFV x BIP (-0,523), indicam que a incidência de *Bipolaris maydis* e de enfezamento diminuíram o número de folhas verdes nos híbridos de milho mais suscetíveis a essas doenças.

Figura 10 - Índices de correlações fenotípicas entre as variáveis produtividade de grãos (PROD), peso de mil sementes (PMS), massa seca da parte aérea (MSPA), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), número de folhas verdes (NFV), índice de área foliar (IAF), dias entre o plantio e o florescimento (DPF), dias entre o plantio e a maturação fisiológica (DPMF), nota de severidade de *Bipolaris maydis* (BIP) e porcentagem de plantas com enfezamento (ENF)



* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fonte: O autor

A variável DPF apresentou correlação de alta magnitude com DPMF (0,715), indicando que o ciclo de desenvolvimento do milho está diretamente relacionado ao período de desenvolvimento vegetativo das plantas. DPF apresentou correlação negativa de alta magnitude com ENF (-0,588), indicando que híbridos mais precoces podem ser mais suscetíveis ao enfezamento.

A variável PMS manteve correlações significativas de forte magnitude com MSPA (0,692), DPMF (0,5), BIP (-0,615), ENF (-0,773) e PROD (0,792). Tais correlações indicam que híbridos com maior ciclo e que obtiveram maior massa seca no momento da colheita refletiram em um maior PMS. O PMS influenciou significativamente na produtividade dos híbridos. Além disso, essas correlações mostram que o PMS foi altamente afetado pelas doenças de *Bipolaris maydis* e pelos complexos de enfezamento (Figura 10). Grespan *et al.*

(2023) observaram uma correlação negativa e de forte intensidade da massa de mil grãos com a produtividade de grãos e com o número de grãos por fileira. Ramos (2018) explica que esse fato pode estar relacionado à produtividade dos grãos, que é definida pela massa de mil grãos. O mínimo acúmulo de massa seca nos grãos apresentam menor massa, consequentemente, a produtividade é reduzida.

A variável MSPA apresentou correlações significativas e de forte magnitude com ENF (-0,739), DPF (0,587), DPMF (0,599) PMS (0,692) e PROD (0,756). Tais correlações indicam que o ENF afetou consideravelmente a produção de matéria seca dos híbridos de milho e os híbridos que apresentaram maior ciclo produziram maior quantidade de matéria seca. Além disso, a produção de matéria seca impactou diretamente na produtividade dos híbridos de milho (Figura 10).

A PROD apresentou correlações significativas de forte magnitude com PMS (0,792), MSPA (0,756), DPF (0,554), BIP (-0,602), ENF (-0,859). O sinal negativo dos caracteres BIP e ENF é um alto indicativo que quanto menor a incidência de doenças, mais positivamente irá refletir na produtividade, o que mostra o quanto as doenças podem afetar a produção. Cota *et al.* (2018) avaliaram diversos genótipos de milho e encontraram correlação negativa de 0,82 entre a produtividade e a severidade do enfezamento. Os caracteres PMS, MSPA e o DPF impactaram de forma positiva na produtividade, pois quanto maior o PMS, MSPA e DPF, maior a produtividade dos híbridos de milho (Figura 10).

5. CONCLUSÕES

As variáveis massa seca da parte aérea e peso de mil sementes podem ser utilizadas pelos programas de melhoramento para identificar híbridos com ampla adaptação em condições de primeira e segunda safra.

Os híbridos 3 e 7 mostraram ter ampla adaptação as diferentes épocas de plantio.

A resistência à *Bipolaris maydis* e ao enfezamento impactaram diretamente na adaptação dos híbridos de milho em condição de primeira e segunda safra. A resistência à *Bipolaris maydis* foi significativa na adaptação dos híbridos de milho em condição de primeira safra, enquanto a resistência ao enfezamento impactou diretamente na adaptação dos híbridos de milho em condição de segunda safra.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MULLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200008>

BISPO, P. C.F. **Caracterização fenotípica de genótipos experimentais elite de milho em condições semiáridas em Sergipe**. Nossa Senhora da Glória: Universidade Federal de Sergipe, 2022.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 2013. 523 p.

BORGHI, E.; MAGALHÃES, P.C.; PEREIRA FILHO, I. A. Ecofisiologia do milho segunda safra para alta produtividade. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, Documentos 273, 2023.

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

BUSO, W. H. D.; SILVA, L. B.; SILVA, S. M. C.; LEÃO JÚNIOR, L. A. Desempenho agrônomo de híbridos de milho em três épocas de semeadura no cerrado goiano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 4, p. 46-52, out./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i4.1826>

COBUCCI, T.; BIAVA, M. (ed.). Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais). **EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, [s.l.], 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/clima.htm>. Acesso em: 8 jun. 2024.

COELHO, H. A. **Diferentes condições de estresse hídrico no desenvolvimento de milhos transgênico e convencional**. 2013. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/67970494-5810-4b70-a0a0-673a193da6c4>. Acesso em: 3 maio 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – 2023/2024**. [S.l.]: Conab, 2024. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-estimativa-de-evolucao-graos.html>. Acesso em: 4 maio 2024.

COSTA, R. V. *et al.* Reação de Híbridos Comerciais de Milho à Mancha-de-bipolaris em Diferentes Épocas de Semeadura. **Circular Técnica 238**, Sete Lagoas, MG, 2018.

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; 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**, [s.l.], v. 54, n. 1, p. 1- 9, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00872>

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V. Mancha-de-Bipolaris-do-Milho. **Circular técnica 207**, Sete Lagoas, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1012083/1/circ207.pdf> Acesso em: 5 maio 2025.

COTA, L. V. Resistência de Genótipos de Milho aos Enfezamentos. **Circular técnica 247**, Sete Lagoas, MG, 2018.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 382 p.

CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do Milho. **Informe Agropecuário**, Sete Lagoas, v. 37, p.2, 2006.

CRUZ, J. C. *et al.* Cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, [s.l.], n. 6, set. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2024.

CUNHA, D. A; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G. Irrigation as an adaptive strategy to climate change: an economic perspective on Brazilian agriculture. **Environment and Development Economics**, Cambridge, v. 20, n. 1, p. 57-79, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1355770X14000102>

CUNHA, B.A.; NEGREIROS, M.M.; ALVES, K.A; TORRES, J.P. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathologica**, [s.l.], v. 45, n. 4, p. 424-427, 2019.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: a review. **Agricultural Water Management**, Texas, USA, v. 179, p. 18-33, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.022>

DUARTE, Ary Jose *et al.* Rice yield potential as a function of sowing date in southern Brazil. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 113, n. 2, p. 1523–1534, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20610>

DUBREUIL, V. *et al.* Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, [s.l.], v. 37, p. 1-24, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4000/confins.15738>

EDWIGES, M. *et al.* Produtividade e características agronômicas do milho em épocas de semeadura para segunda safra em Tangará da Serra, MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 26, p. 560, 2017. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017B54

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

EMBRAPA. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 44, Rio de Janeiro, Dezembro, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/965578/1/bpd442004altoparanaiba.pdf> Acesso em: 11 mar. 2024.

FANCELLI, A. L. Cultivo Racional e Sustentável requer maior conhecimento sobre a planta do milho. **Revista Visão agrícola**, Piracicaba, p. 20, 2015a.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia - Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, 2015b.

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

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FAVARATO, L. F. *et al.* Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.549>

FENG, Ying *et al.* Effects of solar radiation on photosynthetic physiology of barren stalk differentiation in maize. **Plant Science**, [s.l.], v. 312, August, p. 111046, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.111046>

FIORINI, I. V. A. *et al.* Avaliação do Ciclo, Somatório de Graus Dias e Produtividade de Híbridos de Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., Águas de Lindóia, 2012. **Anais [...]**, Águas de Lindóia, 2012.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; COCENÇO, G.; ALBERTO, A. M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 4, n. 3, p. 18, 2010.

GRESPLAN, D. S. *et al.* Correlations and Trail Analysis in Agronomic Characters of Second Harvest Corn Hybrids Grown in Balsas-MA. **Ensaios e Ciências**, [s.l.], v. 27, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2023v27n1p49-54>

HAMMAD, H. M. *et al.* The effect of nutrients shortage on plant's efficiency to capture solar radiations under semi-arid environments. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 23, n. 20, p. 20497–20505, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7206-z>

JÚNIOR, J. J. A. *et al.* Main plants in different times vising the foliar biometric characteristics of corn culture in southwest Goiano. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 7, p. 74060-74072, jul. 2021.

KARLEC, A. L. **Avaliação de híbridos de milho quanto ao complexo de enfezamento**. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, 2022.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 529 p.

LI, Y. *et al.* The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**, Toronto, v. 50, n. 4, p. 357-364, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1139/G07-018>

LIMA, J. L. **Controle genético do florescimento em milho**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006, 56 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4333/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Control%C3%A9tico%20do%20florescimento%20em%20milho.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

LIMA, T. G. *et al.* Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, [s.l.], v. 69, n. 3, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300007>

LIMEIRA, A. S. *et al.* Ecofisiologia e rendimento do milho safrinha em Porto Nacional-TO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2023, Natal. **Anais [...]**. . Natal, RN, 2023.

LOPES, A. C. A.; VELLO, N. A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. M.; TSUTSUMI, C. Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000200021>

MA, L.; AHUJA, L. R.; ISLAM, A.; TROUT, T. J.; SASEENDRAN, S. A.; MALONE, R. W. Modeling yield and biomass responses of maize cultivars to climate change under full and deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Texas, USA, v. 180, p. 88-98, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.11.007>

MAGALHÃES, P. C. **Circular técnica: fisiologia do milho**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2002.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 68-87.

MARQUES, D. M.; MAGALHÃES, P. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES JÚNIOR, C. C.; SILVA, A. B.; SOUZA, T. C.. Gas exchange, root morphology and nutrients in maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense* cultivated under two water conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 64, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021190580>

MATOS, W. S. **Desenvolvimento e produtividade de milho híbrido em diferentes densidades de plantas e épocas de cultivo**. 2018. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista/RR, 2018.

Disponível em:

<http://repositorio.ufrr.br:8080/jspui/bitstream/prefix/203/1/Desenvolvimento%20e%20produtividade%20de%20milho%20h%C3%AAdbrido%20em%20diferentes%20densidades%20de%20plantas%20e%20%C3%A9pocas%20de%20cultivo.pdf>. Acesso em: 28 out. 2024.

MATTOS, F. L.; SILVEIRA, R. L. F. The effects of Brazilian second (winter) sorn crop on price seasonality, basis behavior and integration to international market. *In: PROCEEDINGS OF THE NCCC-134 CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING, AND MARKET RISK MANAGEMENT*, 2015, Louis, MO. **Anais [...]**. Louis, MO: [s.n.], 2015. p. 1-30.

MATTOS, F. L.; SILVEIRA, R. L. F. The Expansion of the Brazilian Winter Corn Crop and Its Impact on Price Transmission. **International Journal of Financial Studies**, [s.l.], v. 6, n. 45, p. 1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijfs6020045>

MIRANDA, G. V.; BRAUN, E. M. W.; ALVES, M. E. V. B.; MACHADO, P.; RAMOS, A. M. Performance of corn hybrids at different sowing times in the second low-season crop in the extreme west of the State of Paraná. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 34794-34810, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-100>

MORIZET, J.; TOGOLA, D. Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs. *In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE*, 1984, Versailles. **Les besoins en eau des cultures**. Paris: Inra, 1984. p. 351-360.

MÔRO, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e Usos do Milho no Brasil. *In: GALVÃO, J.C.C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M.A. Milho: do plantio à colheita*. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017, 328 p.

MOUSAVI, S.M.N.; NAGY, J. Evaluation of plant characteristics related to grain yield of FAO410 and FAO340 hybrids using regression models. **Cereal Research Communications**, [s.l.], v. 49, n. 1, p. 161-169, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00076-3>

MUNDIM, G. B., RODRIGUES, M. C., DE LIMA, R. O. Melhoramento para Estresses Abióticos. *In: LIMA, R.; BORÉM, A. (org.) Melhoramento de Milho*. Viçosa: Ed. UFV, 2018.

NASCIMENTO, F. M. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200010>

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

NORMAN, J. M.; CAMPBELL, G. S. Canopy structure. *In*: PEARCY RW, HLERINGER J, MOONEY HA, RUNDEL PW (ed.) **Plant physiological ecology: field methods and instrumentation**. London: Chapman and Hall, 1989. p. 301- 326.

OLIVEIRA, J. P. P. **Influência da densidade populacional na fenologia e na produtividade da cultura do milho**. Dissertação (Mestre em Agricultura de Precisão) - Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria-RS, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/22386>. Acesso em: 19 jul. 2024.

PAES, E.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. *In*: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 2, p. 47-61.

PATERNIANI, E.E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento de Milho. *In*: BORÉM, A. (ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 491-552.

PATERNIANI, E., MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. *In*: PATERNIANI, E., VIEGAS, G.P. (ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.10.

RAMOS, A.A.A. **Evolução dos sistemas de produção de grãos: do monocultivo aos sistemas integrados de produção**. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018.

RIBEIRO, B. S. M. R. *et al.* **Ecofisiologia do milho visando altas produtividades**. Santa Maria, RS: Palloti/SM, 2020. 230 p.

SALEHI-LISAR, S. Y.; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, H. Agronomic crop responses and tolerance to drought stress. *In*: HASANUZZAMAN, M. (ed.). **Agronomic crops**. Singapore: Springer, 2020. p. 63-91. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1_5

SALVADÉ, D. M. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de milho sob restrição de radiação solar**. 51p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/31304/DIS_PPGAGRONOMIA_2023_%20SALVADE_DANIELLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 ago. 2024.

SANS, L. M. A. Influência dos atributos climáticos na implantação do milho e sorgo em safrinha. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Sete Lagoas. **Anais [...]**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2009. p. 67-74.

SANTOS, A. L. F.; MECI, I. A.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. Eficiência fotossintética e produtiva de milho safrinha em função de épocas de semeadura e populações de plantas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 4, p.52-60, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.1631>

SANTOS, V. C. **Desempenho de milho híbrido precoce em diferentes épocas de semeadura na região da nova alta paulista**. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena, 2022.

SCHULZE, E-D.; BECK, E.; MULLER-HOHENSTEIN, K. **Plant Ecology**. New York: SpringerVerlag Berlin Heidelberg, 2005, 702 p.

SILVA, A. P. R. S.; NEPOMOCENO, T. A. R. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de milho biofortificado. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, AL, v. 6, n. 3, p. 2946-2954, 2021. DOI: https://doi.org/10.48017/Diversitas_Journal-v6i3-1902

SOUZA, D. K. F.; SILVEIRA, R. L. F.; BALLINI, R. Efeito da expansão da safra de inverno de milho no Brasil sobre a sazonalidade dos preços spot. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s.l.], v. 61, n. 4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.262824>

SOUZA, T. C. Parâmetros fisiológicos em milho safrinha. SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados, MS. **Anais [...]**. Dourados: Embrapa, 2013. Disponível em: <https://www.cpao.embrapa.br/cds/milhosafarinha2013/palestras/14-THIAGOCORREA-DE-SOUZA.pdf>. Acesso em 07/03/2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2017. 888 p.

USDA. **United States Department of Agriculture**. [S.l.], 2016. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/?locale=en>. Acesso em: 10 jul. 2024.

VAN ITTERSUM, M. K. *et al.* Yield gap analysis with local to global relevance-A review. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 143, p. 4–17, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>

VON PINHO, R.G.; SANTO, A.O.; VON PINHO, I. V. Botânica. In: GALVÃO, J.C.C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M.A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017, 328 p.

WAGNER M.V *et al.* Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, PR, v. 4, n. 1, p.135–149, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5777/PAeT.V4.N1.08>

YANG, Y. S. *et al.* The effect of solar radiation change on the maize yield gap from the perspectives of dry matter accumulation and distribution. **Journal of Integrative Agriculture**, [s.l.], v. 20, n. 2, p. 482–493, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63581-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63581-X)