

**Resposta de Diferentes Cultivares de Milho
ao Plantio Irrigado, de Segunda Safra,
na Região Central de Minas Gerais**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
259**

**Resposta de Diferentes Cultivares de Milho
ao Plantio Irrigado, de Segunda Safra,
na Região Central de Minas Gerais**

*Wendel Adelson Soares da Silva
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade
Emerson Borghi*

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424, Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

Tratamento das ilustrações
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa
Camilo de Lélis Teixeira de Andrade

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo

Silva, Wendel Adelson Soares da.

Resposta de diferentes cultivares de milho ao plantio irrigado, de segunda safra, na região Central de Minas Gerais / Wendel Adelson Soares da Silva, Camilo de Lélis Teixeira de Andrade, Emerson Borghi. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2023.

PDF (27 p.) : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 259).

1. *Zea mays*. 2. Variedade. 3. Rendimento. 4. Irrigação. I. Andrade, Camilo de Lélis Teixeira de. II. Borghi, Emerson. III. Título. IV. Série.

CDD (21.ed.) 633.15

Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

© Embrapa, 2023

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão	13
Conclusões.....	23
Agradecimentos.....	23
Referências.....	23

Resposta de Diferentes Cultivares de Milho ao Plantio Irrigado, de Segunda Safra, na Região Central de Minas Gerais

Wendel Adelson Soares da Silva¹

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade²

Emerson Borghi³

Resumo — A demanda por milho para abastecer a pecuária e a indústria, dependentes desse cereal, tem crescido na região Central de Minas Gerais, o que estimula produtores a aumentarem a produção. Uma alternativa é o cultivo em segunda safra que, todavia, demanda irrigação. Neste trabalho, propôs-se avaliar a resposta de diferentes genótipos de milho ao uso da irrigação plena. O estudo foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Quatro genótipos foram avaliados sob condições de irrigação plena, ou seja, com todas as necessidades hídricas da cultura atendidas: P30F53VYHR, BRS 3042, DKB 390 PRO 3 e BRS 4107. Constatou-se uma infecção por enfezamento-pálido do híbrido P30F53VYHR, ocasionando queda expressiva de produtividade. O BRS 3042 produziu além das expectativas e demonstrou ser bem adaptado às condições da região, porém foi superado por DKB 390 PRO 3, que produziu aquém do seu potencial. A variedade BRS 4107 obteve resultados abaixo das expectativas, mas ainda superiores ao P30F53VYHR, atacado por doença. Para a produção de milho em segunda safra, a água é um dos fatores limitantes. Com as condições hídricas atendidas, existem

¹Engenheiro-agrônomo, bolsista do CNPq pela Universidade Federal de São João Del-Rei, Campos Sete Lagoas, MG;

²Engenheiro-agrícola, doutor em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG;

³Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

genótipos de milho disponíveis para favorecer o aumento da produção na região Central de Minas Gerais.

Termos para indexação: *Zea mays* L., produtividade, água, enfezamento-pálido, irrigação.

Response of Different Maize Cultivars to Irrigated Planting, Second Harvest, in the Central Region of Minas Gerais, Brazil

Abstract — The demand for maize to supply livestock and industry, which depend on this cereal, has grown in the Central region of the State of Minas Gerais, Brazil, which encourages producers to increase production. An alternative is the second season or off-season cultivation, which, however, requires irrigation. In this work it was proposed to evaluate the response of different maize genotypes to the use of full irrigation. The study was carried out in the Experimental Station of Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil). Four genotypes were evaluated under full irrigation conditions, that is, with all water needs met: P30F53VYHR, BRS 3042, DKB 390 PRO 3 and BRS 4107. An infection by pale stunting of the hybrid P30F53VYHR was verified, causing a significant drop in yield. BRS 3042 produced beyond expectations and proved to be well adapted to the region's conditions, but was outperformed by DKB 390 PRO 3, which produced below its potential. The variety BRS 4107 obtained results below expectations, but still superior to P30F53VYHR, attacked by the disease. For off-season maize production, water is one of the limiting factors. With the water conditions met, there are maize genotypes available to favor increased production in the Central region of Minas Gerais, Brazil.

Index terms: *Zea mays* L., productivity, water, pale stunting, irrigation.

Introdução

O suprimento de milho grão na região Central de Minas Gerais é deficitário por causa da alta demanda, imposta pelas atividades de avicultura, suinocultura, bovinocultura e pela indústria cervejeira (Camilo et al., 2013), além da baixa oferta do cereal. O milho é cultivado na região para suprir, predominantemente, a demanda por silagem da pecuária de leite e de corte. No período seco do ano, nessa região, ocorre uma estacionalidade na oferta de pastagem e forragem, quando os animais devem receber suplementação alimentar. Ademais, pequenos e médios produtores investem na produção de silagem e de grãos para uso próprio ou para atender o mercado de alimentação animal da região (Matrangolo et al., 2010).

O milho é bastante responsivo à radiação solar, podendo apresentar elevada produção, desde que tenha à disposição área foliar e disponibilidade hídrica, principalmente no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao enchimento de grãos (Bergamaschi et al., 2004). Mesmo sendo plantada na primeira safra, essa cultura pode ser afetada pelas instabilidades climáticas, como os veranicos, um fenômeno típico do bioma Cerrado, cuja intensidade e duração depende da localização (Assad et al., 1993). Na segunda safra, o estresse hídrico acontece, principalmente, no final do ciclo, fazendo com que a produtividade seja menor que a obtida na primeira safra. O uso da irrigação constitui-se em alternativa para mitigar esse problema e intensificar a produção.

Para se obter uma produtividade satisfatória, o milho requer, em média, 600 mm de água durante o ciclo. Porém, na segunda safra, a distribuição das chuvas não acontece de maneira uniforme, acarretando um estresse hídrico que, a depender da fase da cultura, reduz expressivamente o rendimento (Heinemann et al., 2007). O milho responde de forma eficiente ao uso de irrigação, por ser uma cultura sensível ao déficit hídrico, principalmente do florescimento à maturidade fisiológica da planta. Assim, apresenta um alto risco para cultivo em sequeiro (Aparecido et al., 2020). Entretanto, deve-se avaliar o custo-benefício, já que o grão é uma *commodity* com preços relativamente baixos, mesmo nas regiões deficitárias na oferta de grãos (Cecon et al., 2019). Embora a irrigação seja uma alternativa para o suprimento de água, um fator limitante da região Central de Minas Gerais é

a reduzida disponibilidade hídrica e a concorrência com outros usuários de água, especialmente os urbanos.

No geral, as condições climáticas e suas variações geram impactos nas produtividades no campo. Para estudar esses efeitos, a modelagem de crescimentos de diversas culturas agrícolas tem sido alvo de pesquisas nos últimos anos, a fim de compreender melhor essa relação clima-planta. O estudo de Costa et al. (2009) descobriu que melhorias na tecnologia podem, muito provavelmente, induzir um aumento na produção de feijão e milho, apesar das futuras condições climáticas desfavoráveis. Atualmente, existem diversos modelos para estimar o ciclo de desenvolvimento das culturas, inclusive para o milho. O conceito para modelagem em graus-dias baseia-se no controle de cada fase de desenvolvimento da planta a partir da soma térmica diária para cada uma das fases. O modelo mais simples para aplicar é o de Arnold (1959), conhecido como graus-dia.

A demanda por milho grão, ao longo dos anos, está aumentando, enquanto a oferta vem sendo afetada pelo estresse hídrico decorrente da sazonalidade no regime de chuvas que, por sua vez, segue agravada pelas mudanças do clima. Portanto, o desenvolvimento de tecnologias, para adaptação da cultura a essas condições e para melhorar a eficiência no uso dos recursos hídricos, é necessária, tanto para a primeira quanto para a segunda safra. Diante dessa situação, propôs-se o trabalho em questão, com o objetivo de avaliar a resposta de diferentes genótipos de milho ao uso da irrigação plena.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, MG (latitude 19° 27' S e longitude 44° 10' W). Os valores dos componentes climáticos são: precipitação pluvial média anual de 1.362,9 mm e temperatura média anual 20,9 °C (Ferreira; Souza, 2011). De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Sete Lagoas é classificado como Cwa. Os solos da área experimental pertencem à ordem dos latossolos, subordens latossolos vermelhos e latossolos vermelhos-amarelos (Panoso et al., 2002).

Foram avaliados três diferentes híbridos e uma variedade de milho. O P30F53VYHR, híbrido de ciclo precoce, desenvolvido para produzir grão e silagem; tolerante a estresse hídrico e responsivo ao manejo, apresenta alta qualidade de grãos, mas é suscetível à ferrugem-polissora e aos enfezamentos. O BRS 3042 é uma tecnologia da Embrapa; um híbrido triplo indicado para grãos; apresenta ciclo precoce, bem adaptável ao cultivo na região central do Brasil, além de ser resistente ao acamamento e ao quebraamento; é moderadamente tolerante às doenças, inclusive enfezamentos. O DKB 390 PRO 3 é um híbrido simples, que apresenta tolerância às altas temperaturas, aos veranicos e ao complexo de enfezamentos; tem ciclo precoce e apresenta um excelente enraizamento para melhor utilização dos recursos do solo. O BRS 4107 também é uma tecnologia da Embrapa; a variedade apresenta ciclo precoce-normal e tolerância às principais doenças do milho, com boa resistência ao acamamento.

Antes da semeadura, realizaram-se amostragens para determinação da massa seca de palhada, e um dia após a semeadura (DAS), da umidade no perfil do solo. A determinação da umidade foi realizada também após a colheita do ensaio. Empregou-se o método da estufa para determinação da umidade do solo.

A semeadura foi realizada, de forma mecanizada, em 6 de fevereiro de 2020, empregando plantio direto. O espaçamento utilizado foi de 0,7 m entre fileiras. A profundidade de plantio das sementes de milho foi de 5 cm, seguindo a recomendação de 4 cm a 8 cm (Sousa, 2016). A regulagem da semeadora possibilitou o plantio de, em média, 5,8 sementes (P30F53VYHR), 6,8 sementes (BRS 3042), 6,0 sementes (DKB 390 PRO 3) e 6,8 sementes (BRS 4107) por metro de fileira. A população de plantas esperada foi de 82,1 mil plantas por hectare (P30F53VYHR), 96,4 mil plantas por hectare (BRS 3042), 85,7 mil plantas por hectare (DKB390 PRO3) e 96,4 mil plantas por hectare (BRS 4107). A população de plantas observada na colheita foi de 54,9 mil plantas por hectare (P30F53VYHR), 73,0 mil plantas por hectare (BRS 3042), 76,5 mil plantas por hectare (DKB 390 PRO 3) e 67,0 mil plantas por hectare (BRS 4107). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela consistiu de seis fileiras de 4 m de comprimento, o que corresponde a uma área de 16,8 m².

A adubação consistiu em 480 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 + Boro, aplicada no sulco de plantio. Em cobertura, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aos 21 DAS, e 100 kg ha⁻¹, aos 31 DAS, ambos à base de ureia. Foram aplicados glifosato, na dose de 3 kg ha⁻¹, em pré-plantio, e atrazina + Soberan ao longo do ciclo para controle de plantas daninhas. Foram também aplicados formicidas (Attamix, sulfluramida e Triponil), inseticidas (Engeo Pleno) e fungicidas (Priori Xtra).

A irrigação foi realizada de forma suplementar às chuvas, empregando um sistema de aspersão convencional; todos os genótipos receberam a mesma lâmina de água. O manejo da irrigação foi realizado utilizando-se uma planilha eletrônica disponibilizada pela Embrapa (Albuquerque; Guimarães, 2020), alimentada diariamente com dados de clima obtidos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na área experimental. A medição das lâminas de irrigação aplicadas foi realizada empregando-se três baterias de coletores, posicionadas entre os quatro blocos, cada bateria contendo oito coletores, totalizando 24 coletores. Acompanhou-se a emergência de plantas, desde a semeadura até o momento em que o número de plantas emergidas se estabilizou. Consideraram-se emergidas as plântulas que apresentavam em torno de dois centímetros acima da superfície do solo. Monitorou-se o número de folhas, com a ponta aparecendo e também as folhas totalmente desenvolvidas, com a bainha visível. As observações foram realizadas de 4 em 4 dias, em média, iniciando-se aos 15 DAS (dias após a semeadura) e se estendendo até a emissão da folha bandeira. Considerou-se como atingido o embonecamento quando 50% das plantas apresentavam bonecas com 2 cm de cabelo. Assumiu-se que o pendoamento ocorreu quando 50% das plantas estavam emitindo pólen no terço central do pendão. A maturidade fisiológica foi considerada quando 50% das plantas apresentavam grãos, do terço central da espiga, com a camada preta. Anotaram-se o número de folhas emitidas e as datas de emissão da folha bandeira, do embonecamento, do pendoamento e da maturidade fisiológica.

Determinou-se a soma térmica (ST) necessária para completar as diferentes fases fenológicas das cultivares de milho avaliadas. A ST é a soma das diferenças entre a temperatura média diária e a temperatura base inferior da cultura, que no caso do milho foi 10 °C. O método utilizado foi o proposto por Arnold (1959), que contempla uma abordagem mais simplista, pois considera

apenas a temperatura basal inferior da cultura (Equação 1). O método requer valores de temperatura máxima e mínima diárias, durante todo o ciclo da cultura, que foram obtidos do banco de dados meteorológicos do INMET, referente a uma estação meteorológica localizada na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo.

$$ST = \left(\frac{TM+Tm}{2} \right) - Tb \quad \text{Equação 1}$$

em que:

ST = soma térmica em graus-dia, °C d.

TM = Temperatura máxima do dia, °C.

Tm = Temperatura mínima do dia, °C.

Tb = Temperatura basal (10 °C) inferior da cultura (Gadioli et al., 2020).

A colheita foi realizada no período de 23 de junho 2020 a 10 de agosto de 2020. A parcela para colheita consistiu em quatro fileiras de seis metros de comprimento, o que corresponde a 16,8 m². Coletaram-se subamostras, de cinco plantas, que foram levadas ao laboratório para análise da porcentagem de matéria seca (MS%) dos componentes colmo + pendão, folhas, palha, sabugo, boneca e grãos. As amostras de plantas foram acondicionadas em sacolas de papel craft e levadas à estufa, a 65 °C, até a massa permanecer estável. Os valores de MS% foram empregados para determinar a massa seca dos componentes da planta e a massa seca total da parte aérea da planta. Uma amostra de grãos foi levada à estufa, a 105 °C, para a determinação da umidade, e uma segunda amostra, de 100 grãos, foi levada à estufa, a 65 °C, para determinação da massa seca. A massa seca por grão e o número de grãos por área foram determinados com os dados de massa seca de 100 grãos e massa seca dos grãos da parcela. A massa de grãos na colheita foi padronizada para 13% de umidade, que é o valor convencional para o armazenamento do grão de milho. Todos os valores de massa seca dos componentes da planta, inclusive grãos, foram convertidos para massa seca por hectare. O índice de colheita foi determinado pela relação entre a massa seca de grãos e a massa seca da parte aérea da planta, incluindo grãos.

Realizaram-se análises de variância dos valores das variáveis medidas e a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

A lâmina de chuva recebida pelo milho, ao longo do ciclo, atingiu 623,4 mm, que é próximo ao valor médio requerido pela cultura. Ocorreu excesso de chuva entre os 15 dias após semeadura (DAS) e 35 DAS e escassez após os 70 DAS, havendo, então, necessidade de suplementar com irrigação (Figura 1). Essa má distribuição de chuvas, ao longo do ciclo, é o que normalmente afeta a produtividade de milho plantado em regime de sequeiro na segunda safra. A lâmina de irrigação, aplicada no ciclo, foi de 257 mm que, somada à lâmina de chuva, atingiu 880,4 mm. Aos 97 DAS, foi aplicada a última irrigação. A partir dessa fase, a cultura do milho se manteve extraindo água, o que levou a uma considerável depleção da água do perfil do solo; os valores da umidade inicial e final foram determinados a 1 DAS e aos 202 DAS, respectivamente (Figura 2).

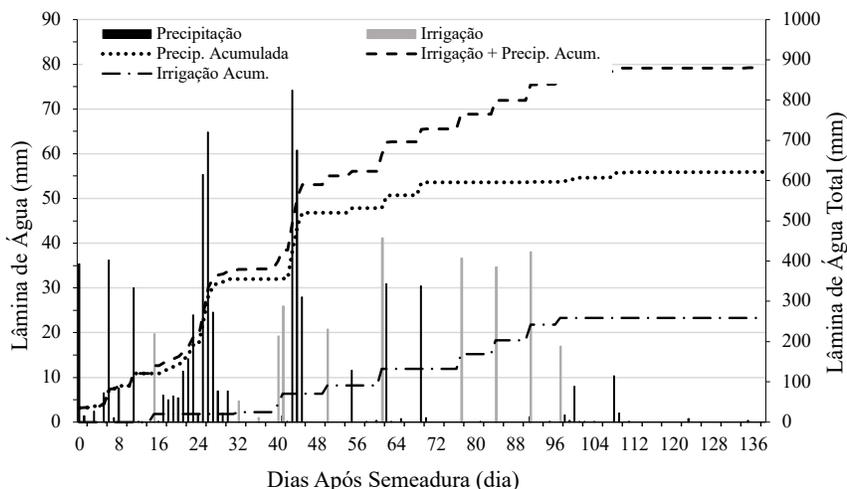


Figura 1. Lâminas de chuva e de irrigação recebidas pela cultura ao longo do ciclo. Sete Lagoas, MG, 2020.

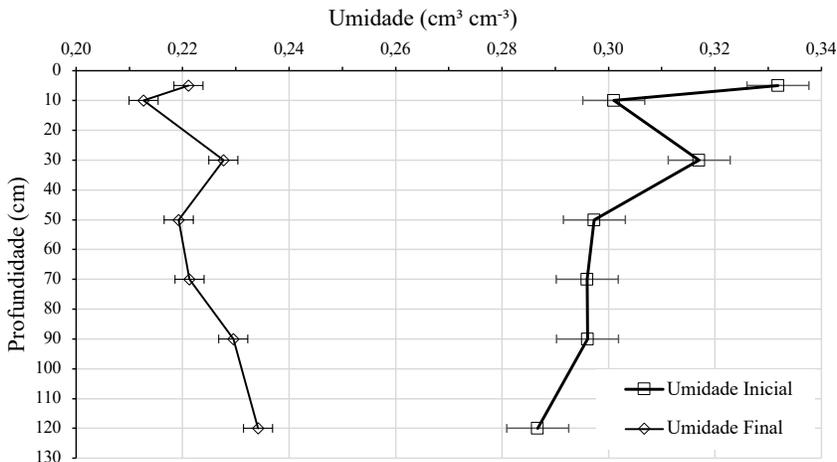


Figura 2. Umidade volumétrica no perfil de solo imediatamente após o plantio e após a colheita. Sete Lagoas, MG, 2020.

Apresenta-se na Figura 3 a porcentagem de emergência das plantas, para as quatro cultivares. O híbrido BRS 3042 apresentou uma maior velocidade de emergência das plântulas, em relação às demais cultivares, com cerca de 89% de plantas emergidas logo aos 4 DAS. Aos 6 DAS, praticamente todas as plantas, de todas as cultivares, já haviam emergido, o que é esperado para a época do ano e para a profundidade de plantio (Magalhães; Durães, 2006).

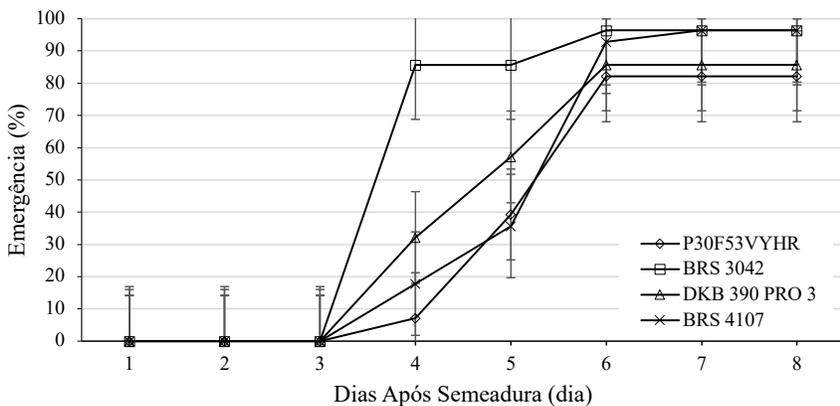


Figura 3. Porcentagem de plântulas de diferentes genótipos de milho ao longo de dias após a semeadura. Sete Lagoas, MG, 2020.

A emissão de folhas (ponta de folha aparecendo) dos genótipos é apresentada na Figura 4. O híbrido BRS 3042 emitiu, ao longo do ciclo, mais folhas que os demais, o que não garante, todavia, que ele apresente maior índice de área foliar e que produza mais, mas sim que melhore a estabilidade fenotípica da produção, sendo esta uma medida da capacidade de um genótipo de produzir consistentemente em diferentes ambientes (Sangoi et al., 2011). Aos 15 DAS, o híbrido BRS 3042 já havia emitido, em média 8,25 folhas, contra 6,8 dos demais. Dos 15 DAS aos 43 DAS, o híbrido BRS 3042 requereu, em média, 3,25 dias para emissão de uma folha, enquanto o híbrido DKB 390 PRO 3 e a variedade BRS 4107 demandaram 3,69 dias. As curvas de emissão de folhas das quatro cultivares são praticamente paralelas, o que indica que a soma térmica necessária para a emissão de duas folhas subsequentes é, aproximadamente, igual. Essa é uma informação relevante para a parametrização de cultivares em modelos de crescimento de culturas.

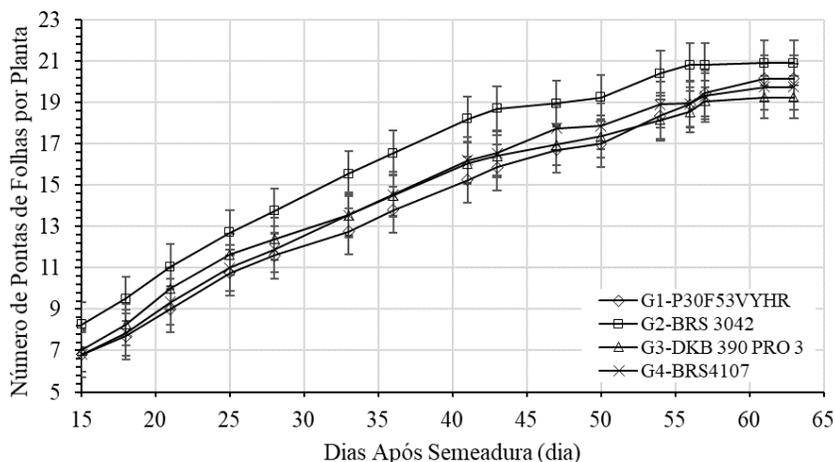


Figura 4. Número de pontas de folhas dos diferentes genótipos de milho ao longo do ciclo. Sete Lagoas, MG, 2020.

Até o embonecamento aos 60 DAS, o P30F53VYHR apresentou a maior soma térmica de 854,2 °C d; o menor valor foi do BRS 3042, com 809,2 °C d aos 57 DAS (Tabela 1).

Tabela 1. Soma térmica (ST) nos períodos da sementeira à emergência, ao florescimento e à maturidade fisiológica, para diferentes genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Genótipos de milho	Emergência		Florescimento		Maturidade fisiológica	
	ST (°C d)	DAS	ST (°C d)	DAS	ST (°C d)	DAS
P30F53VYHR	95	6	854,2	60	1.448,1	116
BRS 3042	95	6	809,2	57	1.581,5	129
DKB 390 PRO 3	95	6	824,4	58	1.581,5	129
BRS 4107	108	7	839,7	59	1.571,6	128

Segundo Ferreira e Souza (2011), genótipos de ciclo médio do milho requerem 780 °C d a 860 °C d para atingir o estágio de florescimento. Fora o P30F53VYHR, que foi afetado por doença, apresentando soma térmica até a maturidade fisiológica de 1.448,1 °C d em 116 DAS, os demais genótipos apresentaram valores médios semelhantes, sendo os maiores do BRS 3042 e do DKB 390 PRO 3, com 1.581,5 °C d em 129 DAS.

Como era de se esperar, o número de folhas com ponta aparecendo, ao longo do ciclo do milho, foi superior ao número de folhas com bainha visível, até que a folha bandeira estivesse totalmente desenvolvida (Figura 5), o que está de acordo com pesquisa realizada por Soler (2004), em que foram registradas 20 ± 1 folhas em genótipos de milho. A emissão de folhas totalmente desenvolvidas foi mais acelerada no híbrido BRS 3042, em comparação com os demais. A folha bandeira estava totalmente desenvolvida aos 56 DAS, no BRS 3042, enquanto nas demais cultivares isso ocorreu aos 61 DAS. Segundo Tollenaar (1988), o número final de folhas tem grande influência na duração do período entre a sementeira e o florescimento feminino, já que as folhas crescem consideravelmente durante esse período.

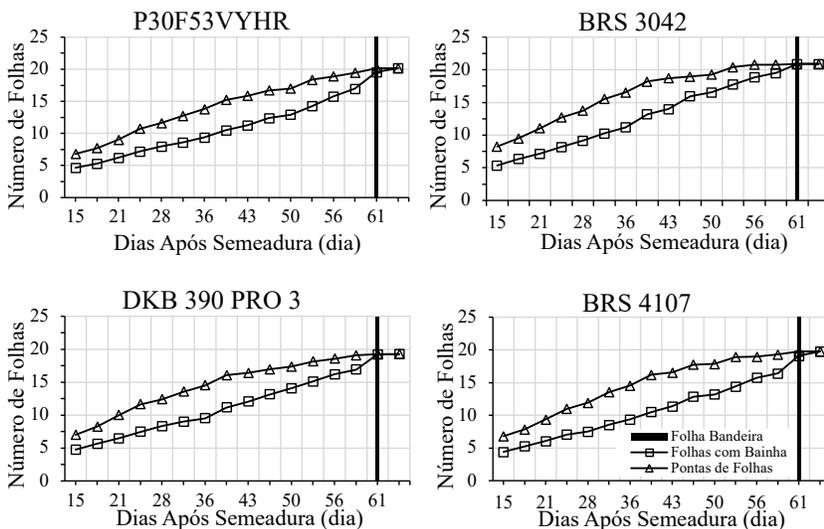


Figura 5. Número de folhas emitidas e totalmente desenvolvidas (com bainha), ao longo do ciclo de diferentes genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Desconsiderando o híbrido P30F53VYHR, que foi atacado por doença, observou-se um padrão na data de maturidade fisiológica, que ocorreu, em média, aos 129 DAS, sendo 68 dias após a planta emitir a última folha (Figura 6).

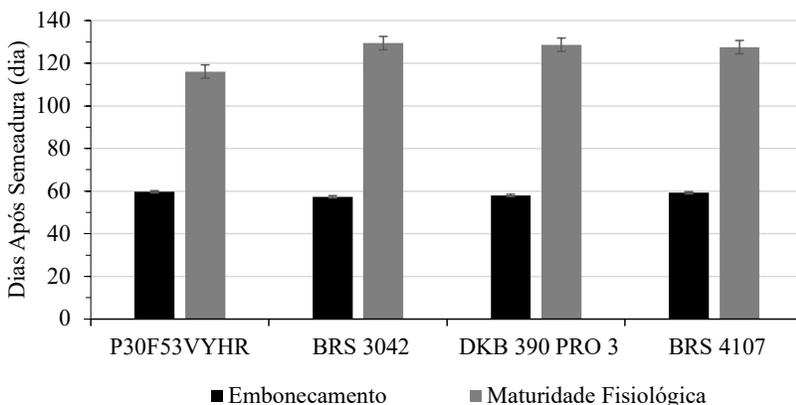


Figura 6. Embonecamento e maturidade fisiológica de genótipos de milho após sementeira. Sete Lagoas, MG, 2020.

A população média de plantas na colheita foi estatisticamente igual entre as cultivares BRS 3042, DKB 390 PRO 3 e BRS 4107 (Tabela 2).

Tabela 2. População final de plantas saudáveis, acamadas, quebradas, plantas acamadas + quebradas, para diferentes genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Genótipos de milho	População de plantas	Plantas acamadas	Plantas quebradas	Plantas acamadas + quebradas
	plantas ha ⁻¹			
P30F53VYHR	54.941 b	6.913 a	15.877 a	22.790 a
BRS 3042	73.062 a	4.159 ab	9.056 b	13.215 b
DKB 390 PRO 3	76.497 a	4.449 ab	8.304 b	12.753 b
BRS 4107	67.039 ab	2.047 b	5.985 b	8.032 b
Coefficiente de variação (%)	8,12	37,26	21,5	18,65

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O híbrido P30F53VYHR apresentou o menor estande e o maior número de plantas acamadas e quebradas. Verificou-se diferença estatística significativa entre as médias de plantas acamadas das cultivares; o menor valor foi apresentado pela variedade BRS 4107. Todavia, o coeficiente de variação dessa variável foi elevado, evidenciando a expressiva influência do híbrido P30F53VYHR. Com relação às plantas quebradas, o híbrido P30F53VYHR apresentou o maior número, diferindo estatisticamente dos demais, que foram iguais entre si (Tabela 2).

A variedade BRS 4107 apresentou a melhor tolerância ao acamamento e quebra de plantas; os híbridos BRS 3042 e DKB 390 PRO 3 apresentaram valores muito próximos e certa tolerância. O pior resultado foi do híbrido P30F53VYHR, em que a tolerância ao acamamento foi prejudicada pelos mollicutes, causa do enfezamento (Cota et al., 2018) (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de plantas acamadas, quebradas, plantas acamadas + quebradas, em relação a população total, para diferentes genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Genótipos de milho	Porcentagem (%) em relação à população final		
	Acamadas	Quebradas	Acamadas + quebradas
P30F53VYHR	12,75 a	28,97 a	41,72 a
BRS 3042	5,70 b	12,32 b	18,07 b
DKB 390 PRO 3	5,75 b	10,80 b	16,55 b
BRS 4107	3,00 b	8,82 b	11,82 b
Coefficiente de variação (%)	42,62	24,57	22,11

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O híbrido BRS 3042 apresentou os menores números médios de dias para o pendoamento e o embonecamento, sendo diferente estatisticamente do P30F53VYHR, do DKB 390 PRO 3 e da variedade BRS 4107. O BRS 3042 e o DKB 390 PRO 3 apresentaram o número de dias para o pendoamento e embonecamento estatisticamente iguais (Tabela 4).

Tabela 4. Dias para o embonecamento, pendoamento e maturidade fisiológica de genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Genótipos de milho	Dias após semeadura (dia)		
	Embonecamento	Pendoamento	Maturidade fisiológica
P30F53VYHR	59,50 a	61,50 a	116,00 b
BRS 3042	57,50 b	59,25 b	129,50 a
DKB 390 PRO 3	58,00 ab	59,75 ab	128,75 a
BRS 4107	59,25 a	61,50 a	127,75 a
Coefficiente de variação (%)	1,28	1,4	3,55

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O híbrido P30F53VYHR apresentou o menor número de dias para a maturidade fisiológica, que foi estatisticamente diferente dos demais. Esse híbrido indicou uma considerável desproporcionalidade no número de dias para a maturidade fisiológica, em relação aos demais, o que pode estar relacionado à doença enfezamento-pálido, que atacou fortemente essa cultivar.

Não se verificou diferença estatística entre médias de massa seca de folhas e de bonecas para os quatro genótipos avaliados, apesar do alto coeficiente de variação ocasionado por uma parcela do BRS 3042 (Tabela 5). O híbrido P30F53VYHR apresentou média de massa seca de colmo+pendão, de palha e sabugo e de grãos inferior aos demais genótipos, em decorrência da doença que atacou a cultura ao longo do seu ciclo.

Tabela 5. Massa seca¹ dos componentes da planta para diferentes genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Genótipos de milho	Colmo + pendão	Folhas	Palha	Sabugo	Boneca	Grãos	Total
	kg ha ⁻¹						
P30F53VYHR	1.677,0 c	434,3 a	288,5 b	335,3 c	58,0 a	1.188,0 c	3.981,3 c
BRS 3042	2.564,8 a	385,3 a	641,0 a	913,0 a	67,5 a	5.433,5 a	10.005,8 a
DKB 390 PRO 3	2.551,8 a	620,8 a	639,8 a	990,0 a	46,0 a	6.290,0 a	11.137,3 a
BRS 4107	2.174,8 b	602,8 a	631,8 a	764,0 b	52,5 a	3.600,0 b	7.825,5 b
Coefficiente de variação (%)	6,34	31,39	18,22	7,72	31,76	12,21	8,11

¹Massa seca determinada a 65 °C. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Segundo Sabato (2019), o enfezamento-pálido, doença causada por *Spiroplasma kunkelii*, infecta a planta nos estágios iniciais; após o florescimento, a planta passa a apresentar os sintomas, como encurtamento dos internódios; as espigas e, conseqüentemente, os grãos não se desenvolvem, havendo falha na granação; para os grãos formados, a massa é muito prejudicada, sintomas que foram perceptíveis no campo para o P30F53VYHR (Tabela 6). Esse híbrido fugiu do seu padrão de produção, mesmo tendo suas necessidades nutricionais e hídricas sido atendidas como nos demais genótipos; apresentou sintomas visuais de enfezamento, como o encurtamento dos internódios, estrias cloróticas esbranquiçadas e falha nas espigas. As observações em campo, juntamente com as análises fenológicas e os dados da colheita, indicam que o híbrido se desenvolveu normalmente até o florescimento. Após essa fase, o desenvolvimento dos componentes da parte aérea da planta foi afetado. O P30F53VYHR é o único que possui suscetibilidade ao complexo do enfezamento, justificando, assim, o quão foram afetados a produtividade total e o índice de colheita dele. Os demais genótipos não foram afetados (Tabela 5).

Observou-se o forte impacto da doença na produtividade de grãos do híbrido P30F53VYHR, que não ultrapassou 1.500 kg ha^{-1} , muito abaixo do seu potencial de 9.655 kg ha^{-1} (Batista et al., 2020). A produtividade de grãos do híbrido DKB 390 PRO 3 foi a maior entre as cultivares avaliadas, superando 7.000 kg ha^{-1} (Tabela 6). Nota-se que o BRS 3042 apresentou a massa seca de folhas (Tabela 5) e a massa unitária de grãos (Tabela 6) menores que o DKB 390 PRO 3 (Tabela 5), embora tenha emitido um maior número de folhas (Figura 5). A variedade BRS 4107 não obteve um incremento de massa seca tão significativo, principalmente de colmo mais pendão e sabugo, fatores que afetaram diretamente a produtividade de fitomassa seca da parte aérea, de aproximadamente 7.800 kg ha^{-1} (Tabela 5).

Tabela 6. Massa unitária de grãos (MUG)¹, espigas por metro quadrado, massa de grãos corrigidos para 13%, grãos por metro quadrado e índice de colheita de diferentes genótipos de milho. Sete Lagoas, MG, 2020.

Genótipos de milho	MUG ¹ (mg grão ⁻¹)	Espigas m ⁻²	Massa de grãos a 13% (kg ha ⁻¹)	Grãos m ⁻²	Índice de colheita
P30F53VYHR	102,0 c	6,1 a	1.454,5 c	1.167,5 b	0,297 c
BRS 3042	201,7 b	7,5 a	6.100,7 a	2.718,3 a	0,542 a
DKB 390 PRO 3	236,2 a	6,9 a	7.128,2 a	2.660,0 a	0,567 a
BRS 4107	228,3 ab	6,3 a	4.078,0 b	1.578,3 b	0,457 b
Coef. Variação (%)	6,56	9,82	12,51	14,68	5,24

¹ Massa unitária de grãos obtido por meio de grãos secos a $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O híbrido DKB 390 PRO 3 e a variedade BRS 4107 apresentaram as maiores massas unitárias de grãos (MUG), sendo a média dos valores estatisticamente iguais (Tabela 6). A MUG do BRS 3042 e da variedade BRS 4107 foram também estatisticamente iguais. O híbrido P30F53VYHR apresentou um valor de MUG de menos da metade dos valores observados para o DKB 390 PRO 3 e BRS 4107, sendo estatisticamente diferente dos demais. A média do número de espigas por área foi estatisticamente igual para todos os genótipos. Embora o BRS 3042 tenha apresentado baixa MUG, esse híbrido buscou compensar com o maior número de espigas e de grãos por área.

O número de grãos por área baixo, associado ao menor estande (Tabela 6), levou ao baixo rendimento do BRS 4107. As maiores médias de produtividade de grãos, de número de grãos por área e de índice de colheita foram observadas para os genótipos BRS 3042 e DKB 390 PRO 3, que não diferiram estatisticamente entre si. Um maior número de grãos por unidade de área, relacionado aos maiores estandes e, possivelmente, à genética dos genótipos (Tabela 2), contribuiu para o maior rendimento. A produtividade do híbrido P30F53VYHR, mesmo com valores dos grãos corrigidos a 13% de umidade, não ultrapassou 1500 kg ha^{-1} , em razão do forte efeito negativo da doença. A variedade BRS 4107 apresentou rendimento abaixo dos híbridos BRS 3042 e DKB 390 PRO 3, como era de se esperar. Variedades apresentam, em geral, menor potencial produtivo que híbridos (Machado et al., 2020). Os híbridos BRS 3042 e DKB 390 PRO 3 apresentaram as maiores produtividades, porém o híbrido DKB 390 PRO 3 superou para além de 1.000 kg ha^{-1} de grãos, com umidade ajustada a 13%, em relação ao BRS 3042, mesmo com menor número de grãos e de espigas por área. Para o seu bom desempenho foi crucial a maior população de plantas e massa seca unitária dos grãos. O índice de colheita apresentou dados que reafirmam que o DKB 390 PRO 3 produziu mais, seguido do BRS 3042, e do BRS 4107. O P30F53VYHR produziu a metade do primeiro colocado, muito abaixo do esperado, que, segundo Batista et al. (2020), apresentou produtividade de 9.655 kg ha^{-1} . A variedade BRS 4107 apresentou uma produtividade de $5.468,2 \text{ kg ha}^{-1}$, também abaixo do esperado, de acordo com a literatura, de 8.312 kg ha^{-1} (Valentine et al., 2022). Assim como a outra tecnologia da Embrapa, o híbrido BRS 3042 apresentou $5.433,5 \text{ kg ha}^{-1}$, resultado inferior ao reportado na literatura, de 8.170 kg ha^{-1} (Oliveira et al., 2018). O híbrido DKB 390 PRO 3, mesmo produzindo acima dos demais, ficou aquém do seu potencial, de acordo com resultados obtidos por Silva (2019), que obteve valores médios de $13.236 \text{ kg ha}^{-1}$, em Viçosa, MG. A causa dessa produtividade abaixo do esperado está relacionada com uma combinação de fatores. Um deles é o eventual estresse hídrico ocorrido entre os 30 DAS e 40 DAS, e 45 DAS a 60 DAS (Figura 1), em que um problema de manejo do sistema de irrigação limitou a aplicação de água nesses períodos. Um segundo ponto a considerar foi o excesso de chuvas logo após a primeira adubação de cobertura (21 DAS), que pode ter lixiviado nitrato, o que limitou a produtividade, uma vez que o milho requer em torno de 20 kg ha^{-1} de N para cada tonelada de grãos

que se espera produzir. Note-se que ocorreram chuvas maiores que 50 mm aos 25 DAS (Figura 1). Um terceiro fator pode estar relacionado com a possível elevação da temperatura noturna durante o ciclo da cultura, o que aumenta a respiração de manutenção e reduz o rendimento dela.

Conclusão

Todos os genótipos produziram abaixo do esperado. Contudo, os híbridos DKB 390 PRO 3 e BRS 3042 obtiveram as melhores médias referentes às produtividades totais de grãos, grãos por área e índice de colheita, superando o híbrido P30F53VYHR e a variedade BRS 4107. O híbrido DKB 390 PRO 3 apresentou a produtividade maior que a média nacional, de 5.719 kg ha⁻¹, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2020), superando os demais híbridos em produtividade, sendo uma opção viável para cultivo em segunda safra e responsivo à irrigação na região Central de Minas Gerais. O híbrido BRS 3042, apesar de não obter a maior produtividade, superou as expectativas e demonstrou ser bem adaptado às condições edafoclimáticas da região.

A susceptibilidade do híbrido P30F53VYHR ao complexo do enfezamento prejudicou o resultado em produtividade no geral. Apesar de ser muito bem posicionado no mercado, a cigarrinha se tornou um fator limitante.

Agradecimentos

Aos empregados Francimar Roberto da Silva, Vilmar Martins e Cleber Alves da Cruz, pelo auxílio na condução do ensaio. À Embrapa, pelo suporte financeiro.

Referências

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos: safra 2019/20: 12º levantamento, v. 7, n. 12, set. 2020. Brasília, DF: Conab, 2023. 68 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 7 ago. 2022.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; GUIMARÃES, D. P. **Planilha para o manejo simplificado da irrigação do milho para produção de grãos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 243).

APARECIDO, L. E. D. O.; MORAES, J. R. D. S. C. D.; MENESES, K. C. D.; TORSONI, G. B.; COSTA, C. T. S. Modelagem da produtividade do milho safrinha em função das condições climáticas do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, p. 155-174, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.69183>.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MATSUMOTO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

BATISTA, V. V.; PELLIZZARI, E. V.; MACHADO, J. M. C.; LINK, L.; ADAMI, P. F.; SANTIN, J. Métodos de amostragem para experimentos com híbridos de milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, 16522-16534, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-502>.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000900001>.

CAMILO, B. G.; RODRIGUES, L. dos S.; SOUZA, F. C. de; PENA JÚNIOR, J.; CALDEIRA, D. C. D.; MARRIEL, I. E. Atividade biológica de solo de cerrado adicionado de resíduo úmido de cervejaria e cultivado com milho: I. Atividade da urease e arginase. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Ciência do solo: para quê e para quem: anais**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

CECON, C. F.; RESENDE, A. V. de; SIMÃO, E. de P.; BORGHI, E.; OLIVEIRA, A. C. de; FERREIRA, J. P. C. Produtividade de grãos em

nove cultivos sob pivô central com intensificação de sistema de produção na região central de Minas Gerais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 17., 2019, Sete Lagoas. [**Trabalhos apresentados**]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019.

COSTA, L. C.; JUSTINO, F.; OLIVEIRA, L. J. C.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; LEMOS, C. F. Potential forcing of CO₂, technology and climate changes in maize (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) yield in southeast Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 4, n. 1, 014013, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/4/1/014013>.

COTA, L. V.; SILVA, D. D. da; AGUIAR, F. M.; COSTA, R. V. da. **Resistência de genótipos de milho aos enfezamentos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 247).

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FERREIRA, W. P. M.; SOUZA, C. de F. **Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas, MG**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 33 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

GADIOLI, J. L. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000300001>.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. de L. T.; GOMIDE, R. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; SILVA, S. C. da. Determinação de padrões de estresse hídrico para a cultura do milho na safra e safrinha no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura: anais**. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 1 CD-ROM.

MACHADO, J. R. de A.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. de O.; TRINDADE, R. dos S. **Desempenho agrônomo de híbridos e variedades de milho em diferentes épocas e espaçamentos: opções de**

plântio para a Região Sul. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 22 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 208).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).

MATRANGOLO, W. J. R.; ALBERNAZ, W. M.; TRAVASSOS, L. E. P.; TEIXEIRA, F. F.; LANDAU, E. C.; MIRANDA, G. A. **Diversidade na produção de milho na região central de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 40 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31).

OLIVEIRA, M. F. de; TRINDADE, R. dos S.; FURUHASHI, S.; BRESSANIN, F. N.; HEBACH, F. C. **Seletividade do nicosulfuron em linhagens e híbridos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 237).

PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo Sistema Brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 92 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

SABATO, E. de O. Complexo de enfezamento do milho: cultivares resistentes ou manejo da cigarrinha? In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 15., 2019. Jataí, GO. **Desafios no cultivo do milho safrinha: livro de palestras**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2019. p. 109-136.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F. da; SCHIMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600006>.

SILVA, A. C. B. da. **Modelagem e validação do crescimento e produção de milho**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOLER, C. M. T. **Uso do modelo Ceres-Maize para previsão de safra do milho safrinha**. 2004. 132 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2004.

SOUSA, S. F. G. **Profundidades de semeadura e espaçamentos entre plantas na cultura do milho**. 2016. 59 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TOLLENAAR, M. The influence of developmental patterns on grain yield of maize. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PHYSIOLOGY, 1988, New Delhi. **Proceedings**. New Delhi: [s.n.], 1988. p. 181-193.

VALENTINE, L.; ARAÚJO, M. L. de; SHIMOYA, A.; FERREIRA, J. M.; OLIVEIRA, L. A. A. de; SILVA, J. A. da C. e. **Produtividade de variedades de milho em sistema de produção convencional e orgânico no estado do Rio de Janeiro: ano agrícola 2018/2019**. Rio de Janeiro: Pesagro, 2021. 8 p. (Informação Tecnológica online, 153).

Embrapa

Milho e Sorgo

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 018379