

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS**

ALDAGIZA CARDOSO DE ARAÚJO MELO

**FATORES CLIMÁTICOS E OS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO MILHO: UM
ESTUDO NAS PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS BRASILEIRAS**

UBERLÂNDIA-MG

2024

ALDAGIZA CARDOSO DE ARAÚJO MELO

**FATORES CLIMÁTICOS E OS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO MILHO: UM
ESTUDO NAS PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS BRASILEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Ciências Contábeis, da
Universidade Federal de Uberlândia como
exigência parcial para a obtenção do Título
de Mestre em Ciências Contábeis

Área de concentração: Controladoria

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavares

UBERLÂNDIA - MG

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M528
2024 Melo, Aldagiza Cardoso de Araújo, 1974-
FATORES CLIMÁTICOS E OS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO MILHO
[recurso eletrônico] : UM ESTUDO NAS PRINCIPAIS REGIÕES
PRODUTORAS BRASILEIRAS / Aldagiza Cardoso de Araújo
Melo. - 2024.

Orientador: Marcelo Tavares.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Contábeis.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.123>

Inclui bibliografia.

1. Contabilidade. I. Tavares, Marcelo, 1966-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Ciências Contábeis. III. Título.

CDU: 657

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências
Contábeis
Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1F, Sala 248 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG,
CEP 38400-902
Telefone: (34) 3291-5904 - www.ppgcc.facic.ufu.br - ppgcc@facic.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Contábeis				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 132 - PPGCC				
Data:	25 de janeiro de 2024	Hora de início:	14:00 h	Hora de encerramento:	15:55 h
Matrícula do Discente:	12212CCT002				
Nome do Discente:	Aldagiza Cardoso de Araújo Melo				
Título do Trabalho:	FATORES CLIMÁTICOS E OS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO MILHO: UM ESTUDO NAS PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS BRASILEIRAS				
Área de concentração:	Contabilidade e Controladoria				
Linha de pesquisa:	Controladoria				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	PPGCC06 - Métodos Quantitativos em Contabilidade				

Reuniu-se virtualmente, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis, assim composta: Professores(as) Doutores(as) Ilírio José Rech (UFG), Cleyzer Adrian da Cunha (UFG) e Marcelo Tavares, orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Marcelo Tavares, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

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

APROVADA

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 **Marcelo Tavares, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/01/2024, às 16:05, 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 **Ilirio José Rech, Usuário Externo**, em 25/01/2024, às 16:37, 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 **Cleyzer Adrian da Cunha, Usuário Externo**, em 25/01/2024, às 17:24, 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 **5014512** e o código CRC **48CA614B**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder a graça de alcançar este objetivo, mais um degrau conquistado em minha jornada acadêmica.

Meus sinceros agradecimentos ...

... ao meu orientador durante o mestrado, professor Dr. Marcelo Tavares, obrigada pelo direcionamento, orientação, paciência e pela confiança depositada em mim ao longo desse processo.

... à minha família, principalmente aos meus filhos, Talita, Milena e Gabriel por sempre me incentivar e não me deixar desistir.

... aos meus amigos pela ajuda nos momentos difíceis, especialmente a Palloma e Ana Letícia, agradeço imensamente por todas as contribuições.

... a diretora da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social da Universidade Federal de Uberlândia, professora Edileusa por permitir a minha participação na Ação de Desenvolvimento em Serviço para a realização do mestrado.

... a todos... muito obrigada!

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

(Filipenses 4:13)

RESUMO

O presente estudo buscou compreender as relações entre os custos de produção do milho e os fatores climáticos nas principais regiões produtoras do Brasil. A escolha metodológica foi respaldada por premissas de pesquisa descritiva, documental e bibliográfica. A pesquisa focou na análise da 1ª e 2ª safra de milho. Os dados de custo foram coletados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), e dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os critérios de inclusão envolveram municípios que apresentaram dados disponíveis na plataforma da Conab no período de 2013 a 2022. A coleta de dados abrangeu variáveis relacionadas a custos variáveis (Operações com máquinas, Mão de obra, Sementes, Fertilizantes e Agrotóxicos), e custos fixos (Depreciação, Manutenção periódica de benfeitorias/instalações e Encargos Sociais). O software *JAMOVI* foi adotado para o tratamento dos dados estatísticos: análise descritiva, análise de correlação linear simples e regressão linear múltipla. Observou-se, durante as análises, que, em ambas as safras, os custos associados a fertilizantes, sementes e agrotóxicos representaram os elementos mais onerosos na composição do custo de produção. O estudo revelou divergências no comportamento dos custos em relação aos fatores climáticos entre as regiões nas análises de regressão. Na Região Norte, ressalta-se a presença de associação estatística entre todas as variáveis climáticas e os custos relacionados à operação com máquinas, mão de obra, fertilizantes, agrotóxicos e encargos sociais. Já Região Nordeste, todas as variáveis de custo mostraram associações com variações, evidenciando aumentos e reduções em resposta às alterações nas condições climáticas. No entanto, na Região Centro-Oeste, algumas variáveis, como mão de obra, sementes e fertilizantes, não apresentaram associações significativas com as variáveis climáticas, assim como a umidade relativa não demonstrou relação com os custos nesta região específica. Na Região Sudeste, não foi observada associação estatística, enquanto na Região Sul, a maioria das variáveis revelou associações, exceto o custo com manutenção de benfeitorias/instalações. Essas descobertas ressaltam a complexa interação entre fatores climáticos e custos na produção de milho, expondo variações nessa relação ao longo das regiões. Portanto, os achados da pesquisa contribuem para uma compreensão mais aprofundada das interações entre custos de produção do milho e os fatores climáticos, levando em consideração diferentes regiões e safras.

Palavras-chave: milho; custos de produção; fatores climáticos.

ABSTRACT

The present study sought to understand the relationships between corn production costs and climatic factors in the main producing regions of Brazil. The methodological choice was supported by descriptive, documentary and bibliographical research premises. The research focused on the analysis of the 1st and 2nd corn harvest. Cost data was collected from the National Supply Company (Conab), and climate data from the National Meteorology Institute (INMET). The inclusion criteria involved municipalities that presented data available on the Conab platform from 2013 to 2022. Data collection covered variables related to variable costs (Machine operations, Labor, Seeds, Fertilizers and Pesticides), and fixed costs (Depreciation, Periodic maintenance of improvements/facilities and Social Charges). JAMOVI software was adopted to process statistical data: descriptive analysis, simple linear correlation analysis and multiple linear regression. It was observed, during the analyses, that, in both harvests, the costs associated with fertilizers, seeds and pesticides represented the most expensive elements in the composition of the production cost. The study revealed divergences in the behavior of costs in relation to climatic factors between regions in regression analyses. In the North Region, the presence of a statistical association between all climate variables and costs related to the operation of machinery, labor, fertilizers, pesticides and social charges stands out. In the Northeast Region, all cost variables showed associations with variations, showing increases and reductions in response to changes in climatic conditions. However, in the Central-West Region, some variables, such as labor, seeds and fertilizers, did not show significant associations with climate variables, just as relative humidity did not demonstrate a relationship with costs in this specific region. In the Southeast Region, no statistical association was observed, while in the South Region, most variables revealed associations, except the cost of maintaining improvements/facilities. These findings highlight the complex interaction between climatic factors and costs in corn production, exposing variations in this relationship across regions. Therefore, the research findings contribute to a more in-depth understanding of the interactions between corn production costs and climatic factors, taking into account different regions and harvests.

Keywords: corn; production costs; climatic factors.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 -	Inputs e Outputs no processo produtivo do milho.....	22
Quadro 2 -	Inputs e outputs atrelados aos fatores climáticos.....	23
Quadro 3 -	Escala fenológica do milho segundo Hanway (1963), adaptada por Fancelli (1986).....	25
Quadro 4 -	Escala fenológica do milho	25
Figura 1 -	Fases de desenvolvimento da cultura do milho.....	27
Figura 2 -	Eventos climáticos causadores de quebras na cultura do milho entre os anos 2000 a 2021.....	30
Figura 3 -	Frequência de eventos climáticos causadores de perdas.....	31
Gráfico 1 -	Estoque final, consumo e produção mundial do milho.....	35
Figura 4 -	Ilustração da discriminação do custo de produção.....	41
Quadro 5 -	Amostra dos municípios produtores de milho - 1ª e 2ª safra de acordo com a Conab.....	44
Quadro 6 -	Municípios selecionados no estudo.....	45
Quadro 7 -	Representação dos componentes econômicos do custo de produção que foram utilizados no presente estudo.....	47
Quadro 8 -	Representação das variáveis meteorológicas analisadas no estudo.....	48
Quadro 9 -	Estádio fenológico e período de análise.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Produção Mundial (milhões de t).....	36
Tabela 2 -	Exportações Mundiais (milhões de t).....	36
Tabela 3 -	Análise dos custos de produção milho 1ª safra por variável.....	52
Tabela 4 -	Análise dos custos de produção milho 2ª safra por variável.....	52
Tabela 5 -	Análise descritiva dos Custos Totais de produção do milho 1ª safra por hectare.....	54
Tabela 6 -	Análise descritiva dos Custos Totais de produção do milho 2ª safra por hectare.....	56
Tabela 7 -	Análise descritiva dos fatores climáticos – milho 1ª safra.....	57
Tabela 8 -	Análise descritiva dos fatores climáticos – milho 2ª safra.....	60
Tabela 9 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo OpMáq e as variáveis climáticas.....	63
Tabela 10 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MO e as variáveis climáticas.....	65
Tabela 11 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Semet e as variáveis climáticas.....	67
Tabela 12 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Fertz e as variáveis climáticas.....	68
Tabela 13 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Agtx e as variáveis climáticas.....	69
Tabela 14 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Depre3 e as variáveis climáticas.....	70
Tabela 15 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MaBenInst e as variáveis climáticas.....	72
Tabela 16 -	Tabela 16 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo EncSoc e as variáveis climáticas.....	73
Tabela 17 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo OpMáq e as variáveis climáticas.....	74

Tabela 18 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MO e as variáveis climáticas.....	75
Tabela 19 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Semet e as variáveis climáticas.....	77
Tabela 20 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Fertz e as variáveis climáticas.....	78
Tabela 21 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Agtx e as variáveis climáticas.....	79
Tabela 22 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Depre3 e as variáveis climáticas.....	81
Tabela 23 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MaBenInst e as variáveis climáticas.....	81
Tabela 24 -	Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo EncSoc e as variáveis climáticas.....	82
Tabela 25 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Norte (Boa Vista, RR) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	84
Tabela 26 -	Análise da 2ª safra de milho na Região Norte (Vilhena, RO e Pedro Afonso, TO) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	86
Tabela 27 -	Análise da 2ª safra de milho na Região Norte (Vilhena, RO e Pedro Afonso, TO) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	87
Tabela 28 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Nordeste (Barreiras, BA, Balsas, MA, Uruçuí, PI, Carira, SE) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	89

Tabela 29 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Nordeste (Barreiras, BA, Balsas, MA, Uruçuí, PI, Carira, SE) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	91
Tabela 30 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Chapadão do Sul, MS, Primavera do Leste, MT) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	93
Tabela 31 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Chapadão do Sul, MS, Primavera do Leste, MT) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	94
Tabela 32 -	Análise da 2ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Cristalina, GO, Chapadão do Sul, MS, Dourados, MS, Primavera do Leste, MT, Campo Verde, MT, Campo Novo do Parecis, MT, Sorriso, MT) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	95
Tabela 33 -	Análise da 2ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Cristalina, GO, Chapadão do Sul, MS, Dourados, MS, Primavera do Leste, MT, Campo Verde, MT, Campo Novo do Parecis, MT, Sorriso, MT) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	97
Tabela 34 -	Análise da 2ª safra de milho na Região Sudeste (Unaí, MG, Caldas, MG) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	99
Tabela 35 -	Análise da 2ª safra de milho na Região Sudeste (Unaí, MG, Caldas, MG) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	100
Tabela 36 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Sul (Passo Fundo, RS, São Luiz Gonzaga, RS, Canguçu, RS, Campos Novos, SC) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	101
Tabela 37 -	Análise da 1ª safra de milho na Região Sul (Passo Fundo, RS, São Luiz Gonzaga, RS, Canguçu, RS, Campos Novos, SC) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05).....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
BPG	Breusch-Pagan-Godfrey
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	Coefficiente de Variação
EUA	Estados Unidos da América
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PIB	Produto Interno Bruto
VIF	Inflação da Variância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problema de pesquisa	17
1.2	Objetivo.....	17
1.3	Delimitação do estudo.....	17
1.4	Justificativa do estudo	18
1.5	Contribuições do estudo	19
1.6	Estrutura do trabalho	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Teoria da Produção e dos Custos de Produção.....	21
2.2	Produção do milho.....	24
2.3	Contabilidade de Custos	37
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
4.1	Análise descritiva.....	52
<i>4.1.1</i>	<i>Análise dos custos de produção por variável, milho 1ª e 2ª safra.....</i>	<i>52</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Análise descritiva dos custos totais de produção do milho 1ª e 2ª safra por município</i>	<i>54</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Análise descritiva dos fatores climáticos para a cultura do milho 1ª e 2ª safra por municípios</i>	<i>57</i>
<i>4.1.4</i>	<i>Análise de Correlação</i>	<i>62</i>
<i>4.1.4.1</i>	<i>Análise de correlação milho 1ª safra</i>	<i>63</i>
<i>4.1.4.1.1</i>	<i>Operação com máquinas.....</i>	<i>63</i>
<i>4.1.4.1.2</i>	<i>Mão de Obra.....</i>	<i>65</i>
<i>4.1.4.1.3</i>	<i>Sementes.....</i>	<i>67</i>
<i>4.1.4.1.4</i>	<i>Fertilizantes</i>	<i>68</i>
<i>4.1.4.1.5</i>	<i>Agrotóxicos</i>	<i>69</i>

4.1.4.1.6	<i>Depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos</i>	70
4.1.4.1.7	<i>Manutenção periódica de benfeitorias/instalações</i>	71
4.1.4.1.8	<i>Encargos Sociais</i>	73
4.1.4.2	<i>Análise de correlação milho de 2ª safra</i>	74
4.1.4.2.1	<i>Operação com máquinas</i>	74
4.1.4.2.2	<i>Mão de Obra</i>	75
4.1.4.2.3	<i>Sementes</i>	77
4.1.4.2.4	<i>Fertilizantes</i>	78
4.1.4.2.5	<i>Agrotóxicos</i>	79
4.1.4.2.6	<i>Depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos</i>	80
4.1.4.2.7	<i>Manutenção periódica de benfeitorias/instalações</i>	81
4.1.4.2.8	<i>Encargos Sociais</i>	82
4.1.5	<i>Análise de regressão</i>	84
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
	REFERÊNCIAS	110
	ANEXO A – COMPONENTES DO CÁLCULO DE CUSTO DE PRODUÇÃO (CONAB, 2010)	123

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil representa um setor importante para o desenvolvimento e geração de empregos, desempenhando um papel significativo na economia nacional. Segundo Gubert *et al.* (2016), essa atividade se mostra essencial ao longo da história do país. Crepaldi (2019) destaca que o agronegócio impulsiona a economia, demonstrando crescimento tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Além disso, é um dos principais geradores de empregos e renda, superando o desempenho do setor industrial.

Com uma relevante participação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) em colaboração com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) revelam avanços consecutivos no PIB do agronegócio nos anos de 2020 e 2021. No entanto, devido ao aumento dos custos com insumos na agropecuária e agroindústrias, o PIB do setor agrícola e pecuário apresentou uma leve redução de 0,8% no primeiro trimestre de 2022. Os custos com fertilizantes, defensivos, combustíveis, sementes e outros foram os principais fatores desse declínio no segmento primário agrícola (Cepea; CNA, 2022). Já para o primeiro trimestre de 2023, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontou um crescimento de 21,6% no PIB da agropecuária em relação ao último trimestre de 2022.

No âmbito do agronegócio, o milho é um destaque devido à sua importância na cadeia alimentar. Cultivado em diferentes regiões, o cereal desempenha um papel importante na nutrição humana, na produção de ração animal, insumos industriais e bioetanol (Alves; Amaral, 2011). A projeção da Conab para a safra 2022/2023 indica um aumento significativo na produção brasileira de milho, estimando alcançar cerca de 127,8 milhões de toneladas, abrangendo as três safras. Esse número representa um aumento notável de 12,9%, equivalente a 14,6 milhões de toneladas em comparação com a safra anterior, 2021/2022.

Além disso, conforme relatório do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o Brasil conquistou uma posição de destaque ao ultrapassar os Estados Unidos como o maior exportador mundial de milho. Na safra 2022/2023, o país exportou aproximadamente 56 milhões de toneladas, consolidando sua liderança no mercado internacional.

Os custos associados ao cultivo do milho, bem como de outras culturas, demandam o emprego de tecnologias agrícolas sofisticadas e alto investimento em insumos. Nesse sentido, o conhecimento detalhado dos custos de produção e sua relação com variáveis que impactam o manejo das culturas se torna fundamental para a tomada de decisões. Essa compreensão permite aos produtores mitigar adversidades, sejam elas climáticas ou relacionadas ao processo

produtivo, buscando aumentar a produtividade e a rentabilidade (Artuzo *et al.*, 2018). Em consonância, Hofer *et al.* (2006) enfatizam a importância do empresário rural em reduzir custos, evitar desperdícios e aprimorar o planejamento das atividades.

Assim, a contabilidade de custos se revela uma ferramenta fundamental para as empresas rurais, fornecendo apoio na gestão das entidades agrícolas. Além de orientar os agricultores nas decisões empresariais, ela possibilita uma definição precisa dos preços dos produtos finais, considerando lucros e custos coerentes em cada cultura (Barbosa *et al.*, 2012). Esse gerenciamento e planejamento adequados na produção agrícola não apenas melhoram o desempenho econômico e financeiro das empresas do setor, mas também se tornam fundamentais em um contexto em que o setor agrícola é diretamente impactado pelas mudanças climáticas e altamente vulnerável (Marengo *et al.*, 2009).

Segundo Samuell, Akwasi e Sylvial (2019), na África Subsaariana, especificamente na Província Noroeste da África do Sul, há evidências de que o fator principal de mudanças na produção de alimentos são as oscilações climáticas, impactando negativamente a produção agrícola e a segurança alimentar. Quantidade de chuvas, temperaturas mínimas e máximas, velocidade do vento e umidade relativa do ar, foram fatores limitantes de redução de rendimento e produtividade de grãos de milho nas safras de 1954, 2000 e 2009 em Siping, no nordeste da China. (Liu *et al.*, 2019).

Corroborando com os autores, analisando projeções históricas e futuras em uma região do Mato Grosso, Andrea *et al* (2019) evidenciaram alterações climáticas com consequências negativas nas projeções de temperaturas mais elevadas e condições mais secas para o desenvolvimento da cultura do milho. Uma projeção para o período 2040-2099 sobre impacto global das mudanças climáticas mostra perdas no lucro agrícola entre 0,8% e 3,7%, porém, quando relacionado ao clima no período de 2070-2099, a redução estimada de lucro agrícola poderia atingir até 26% (Deschenes; Greenstone, 2007).

Conforme discutido, a literatura expressa preocupação com a influência dos fatores climáticos na produtividade e nos custos de produção da cultura do milho. No entanto, persiste uma lacuna de pesquisa em relação à significância da relação entre fatores climáticos e os custos de produção. Essa lacuna ressalta a necessidade de uma abordagem sólida de gestão agrícola e de custos, especialmente diante dos desafios climáticos enfrentados pelo setor. O preenchimento dessa lacuna torna-se essencial, destacando a importância de compreender como as mudanças climáticas se relacionam com os custos na cultura do milho.

1.1 Problema de pesquisa

A partir da contextualização e problematização levantada, estabeleceu-se o seguinte questionamento para o presente estudo: Qual o comportamento dos custos de produção do milho nas fases vegetativa e reprodutiva em relação aos fatores climáticos nas principais regiões produtoras brasileiras?

1.2 Objetivo

A fim de alcançar o objetivo e responder ao problema proposto nesta pesquisa, o objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a relação entre o comportamento dos custos e os fatores climáticos nas fases vegetativa e reprodutiva de produção do milho nas principais regiões produtoras do Brasil.

1.3 Delimitação do estudo

O estudo se delimita a análise da relação entre o comportamento dos custos e os fatores climáticos relacionados com a cultura do milho. Os principais fatores climáticos que foram associados com essa cultura são: precipitação total, radiação global, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar e velocidade horária do vento. Souza e Barbosa (2015), mencionam que a redução da produtividade da cultura do milho está associada a fatores relacionados ao clima como disponibilidade hídrica do solo, temperatura, umidade relativa do ar e irradiação solar.

Em relação ao aspecto temporal, o período analisado será o compreendido entre os anos de 2013 a 2022. Para a gestão e planejamento da agricultura é importante ter o conhecimento das condições climáticas limitantes, assim como das condições normais das variáveis meteorológicas, e “esses estudos só podem ser feitos com base em séries históricas de longo prazo de observações meteorológicas” (Bergamaschi; Matzenauer, 2014, p.48).

Quanto à abrangência geográfica, o estudo concentrou-se em 21 municípios. Vale ressaltar que as planilhas de dados da Conab inicialmente contemplavam 32 municípios. No entanto, não foi possível incluir todos devido às limitações decorrentes da ausência de estações climáticas em alguns dos municípios selecionados para a amostra.

1.4 Justificativa do estudo

Estudos relacionados à produção do milho se justificam dada a importância desta cultura para o crescimento do agronegócio e fator importante para a economia ~~de um~~ do país. Segundo Freitas e Santos (2016), o complexo produtivo soja, milho e aves no Brasil formam o maior conjunto de atividades da agroindústria do país. As *commodities* milho e soja compõe mais de 60% do custo de produção de aves e são utilizadas para fabricação de diversos produtos. Corroborando com o autores Artuzo (2018, p. 275) menciona “que a dinâmica do complexo da soja e do milho tem liderado como as principais *commodities* do agronegócio brasileiro”.

Outro fator relevante a ser considerado é a necessidade de compreender como os fatores climáticos podem interferir no manejo e processo produtivo. Alguns estudos tem se utilizado de procedimentos modernos via simulação computacional buscado analisar diferentes cenários climáticos, considerando séries históricas passadas e projetando cenários futuros.

Souza *et al.* (2019, p.628) verificaram o crescimento e o desenvolvimento do milho em seis estados brasileiros por meio de projeções de séries temporais. De acordo com os autores “a redução no rendimento de grãos foi atribuída à temperatura do ar e à precipitação pluviométrica” e o aumento da temperatura observada nas simulações é a causa prevalecte para a redução de produtividade no ciclo da cultura. O estudo de Minuzzi e Lopes (2015) se limitou a região Centro-Oeste do Brasil e ao analisar distintos cenários climáticos, também identificaram a possibilidade de redução de produtividade no milho de 2ª safra (safrinha).

Siagian *et al.* (2021) identificaram os fatores que afetam significativamente a produção do milho (fertilizante, quantidade de sementes e esterco e aluguel de máquinas) e o custo de produção (preços dos herbicidas e mão-de-obra) na província de Banten, na Indonésia. No entanto, os autores não fizeram qualquer análise quanto a interferência do clima na produtividade da cultura.

Ye *et al.* (2017) mediante análise histórica (1987-2013), avaliaram as variáveis climáticas como fatores limitantes da produtividade do milho no Kansas, nos EUA, em ambientes irrigados e de sequeiro (não irrigados), não fazendo qualquer relação com os custos de produção. Os autores argumentam que cenários climáticos futuros indicam um aumento de calor e de secas e que em algumas regiões, atrasando as datas de plantio poderia ser uma prática potencial para evitar impactos durante a fase pós-seda para a produção de milho.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2021), oscilações e alterações climáticas são os principais fatores de estresse na produção e disponibilidade de alimentos e maiores causadores de perdas na produção agrícola. As culturas de milho, trigo e soja foram as que tiveram mais sinistros deferidos pelo Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), entre os anos de 2004 a 2018, e os principais eventos que motivaram as indenizações foram granizo, geada, chuva excessiva e seca. As perdas nas culturas ligadas a seca são as mais frequentes, chegando a 75 por cento das indenizações (Martins, 2021)

Neste sentido, “as informações científicas relativas ao clima, obtidas por meio de observações, dados e diagnósticos, podem ser utilizadas para ajudar os agricultores a planificar as suas atividades” (FAO, 2021, p. 3). Logo, são necessários esforços para o desenvolvimento de estudos explorando a variabilidade e as condições de cada ambiente, e que os custos do cultivo possam ser quantificados e geridos da maneira mais adequada.

1.5 Contribuições do estudo

Na perspectiva acadêmica, espera-se proporcionar contribuições ao desenvolvimento de estudos na área do agronegócio, de modo específico na cultura do milho, pois “é fundamental conhecer o contexto da produção de milho nas diferentes regiões” (Artuzo *et al.*, 2019, p. 517). No Brasil, o potencial de produtividade do milho é divergente devido as diferenças de condições climáticas das regiões em que é produzido. Estudos relacionados ao processo produtivo é relevante para o desenvolvimento de ações de pesquisa visando transferência de conhecimento e tecnologia para as regiões produtoras.

Espera-se que os resultados alcançados possam auxiliar pesquisadores e gestores para o desenvolvimento de programas e projetos que envolva a cadeia produtiva desta commodities, no sentido de minimizar as incertezas relacionadas ao clima e os custos decorrentes nas principais regiões produtoras brasileiras.

Este estudo visa também a contribuição prática levando conhecimento aos produtores agrícolas que empreendem diretamente com o cultivo do milho para que possam desenvolver estratégias para lidar com as safras futuras, almejar melhores processos, controles e maiores rendimentos no negócio. O produtor poderá ter o conhecimento das possíveis relações dos componentes que envolvem o processo produtivo com as variáveis climáticas.

Por fim, espera-se contribuir socialmente, que os resultados desta pesquisa sejam úteis e possibilitem aos produtores de milho a melhoria na produtividade e na estratégia para lidar com os fatores climáticos. Almeja-se que o produtor agrícola encontre neste estudo uma fonte de pesquisa que o auxilie de maneira mais eficiente no planejamento, controle e acompanhamento de sua atividade. Isso, aliado a uma boa gestão de custos, proporcionará informações relevantes para a tomada de decisões.

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro abrange a Introdução, que contextualiza o tema, apresenta o problema de pesquisa, o objetivo, a delimitação e justificativa do estudo, além de destacar as contribuições esperadas da pesquisa e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura, abordando o Referencial Teórico em diversos tópicos, começando pela teoria da produção e dos custos de produção, seguido pela produção do milho, contemplando suas fases, aspectos técnicos, influência do clima na produção, sistemas de cultivo e uma análise da produção mundial de milho. Adicionalmente, são discutidos temas relacionados à contabilidade de custos, incluindo a importância desse campo, métodos de custeio e detalhes sobre os custos de produção agrícola, bem como a metodologia adotada pela Conab.

O terceiro capítulo descreve os Procedimentos Metodológicos adotados no desenvolvimento do estudo. O quarto capítulo expõe a Descrição e os Resultados da Pesquisa. E, por fim, o quinto e último capítulo contém as Considerações Finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria da Produção e dos Custos de Produção

A compreensão da teoria de produção e dos custos de produção desempenha um papel importante na análise dos efeitos do clima sobre os custos envolvidos na produção de milho, sobretudo nas principais regiões produtoras do Brasil. A teoria de produção, centrada na função de produção, estabelece a relação entre os insumos empregados e a quantidade resultante produzida (Tavares, 2016).

Conforme argumentado por Lima Junior *et al.* (2011), a função de produção de uma cultura é um dos principais indicativos para a tomada de decisão de uma empresa agrícola, a qual evidencia a quantidade física obtida do produto a partir da quantidade física utilizada e dos fatores de produção em determinado período de tempo.

Castro *et al.* (2009), mencionam que a essência da função de produção reside na representação da tecnologia empregada no processo produtivo de um determinado bem. Ela define quais insumos são necessários, em que quantidade e como devem ser utilizados. A partir dessa tecnologia de produção, os custos totais são determinados pelos preços e quantidades de insumos, possibilitando a combinação desses fatores de maneira a minimizar os custos de produção.

Na interrelação dos fatores tecnologia, custos e quantidade de insumos, emerge a Teoria de Custo de Produção, que é “a relação entre os preços dos fatores de produção e a quantidade do produto das empresas” (Tavares, 2016, p.67). Essa teoria fundamenta-se na gestão adequada dos insumos durante o processo produtivo, visando controlar e reduzir os custos associados (Stiglitz; Walsh, 2003). Conforme apontado por Pindyck e Rubinfeld (2010), os insumos referem-se aos elementos utilizados no processo produtivo para gerar um produto ou serviço, englobando maquinários, ferramentas, matérias-primas, mão de obra, terra, capital e transporte.

Essas teorias ganham importância quando aplicadas à produção de milho, especialmente diante das variações climáticas, como secas prolongadas, chuvas irregulares e extremos de temperatura, que exercem um impacto direto na produção. Essas mudanças climáticas resultam em aumento nos custos de produção, demandando ajustes nos insumos, elevando os gastos e, frequentemente, levando à redução da eficiência e produtividade.

Assim, compreendendo esses impactos, busca-se direcionar o processo produtivo para maximizar os lucros ou minimizar os custos (Münch *et al.*, 2014). Para isso, a análise dos custos de produção é essencial. Por meio dessa análise, informações relevantes são obtidas, tanto em

nível gerencial para a tomada de decisões do produtor rural, quanto em nível governamental, para a formulação de políticas de crédito rural e de estabelecimento de preços mínimos (Martin, 1994).

Ainda neste contexto, Vilas Boas *et al.* (2011), apontam que a análise dos custos de produção é fundamentada na classificação dos insumos fixos e variáveis. Fixo é um insumo cuja quantidade não pode ser alterada rapidamente quando as condições de mercado indicam uma mudança na produção. E variável é um insumo cuja quantidade pode ser alterada rapidamente quando as condições de mercado indicam uma mudança na produção.

A Teoria da Produção possui um papel importante, atuando como base para analisar a relação entre a produção e os custos envolvidos, além de fornecer suporte na compreensão da demanda da firma pelos fatores de produção que utiliza. Em suma, a firma é o ponto onde os recursos são transformados para gerar bens ou serviços (Vasconcellos; Pinho, 2002). Ela adquire insumos, processa-os e vende o produto no mercado (Bateman; Edwards; Levay, 1979). O mesmo conceito se aplica às empresas rurais, que adquirem insumos como fertilizantes, sementes e agrotóxicos, processam a cultura e comercializam o produto.

Os inputs (insumos) e outputs (resultados) do processo produtivo do milho estão intimamente ligados à Teoria da Produção, cujo propósito é maximizar a produção de um bem ou serviço utilizando eficientemente os recursos disponíveis. Dessa forma, ao analisar a produção de milho, é possível compreender que os inputs representam os recursos utilizados no processo produtivo para alcançar os outputs desejados no final do processo (Cicolin; Oliveira, 2016). O Quadro 1 ilustra alguns elementos de inputs e outputs que fazem parte do processo produtivo do milho.

Quadro 1 – Inputs e Outputs no processo produtivo do milho

Entradas (Insumos)	Saídas (Resultados)
Sementes de milho de alta qualidade	Quantidade de milho produzida por hectare
Fertilizantes (nitrogênio, fósforo, potássio)	Qualidade nutricional do milho
Água de irrigação	Rendimento de grãos por planta
Máquinas agrícolas (tratores, colheitadeiras)	Eficiência na colheita do milho
Mão de obra agrícola	Tempo e esforço de trabalho necessários
Herbicidas e pesticidas	Controle de pragas e ervas daninhas
Energia elétrica para operar equipamentos	Custo de produção do milho
Terra arável adequada	Uso sustentável do solo

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A teoria da produção também aborda conceitos como produtividade, eficiência e otimização dos recursos, visando entender como ampliar a produção com uma combinação específica de inputs, levando em conta restrições como recursos limitados, tecnologias disponíveis e custos de produção (Vasconcellos; Garcia, 2004; Mansfield; Yohe, 2006).

Portanto, ao analisar os inputs e outputs do processo produtivo do milho, é fundamental cotejá-los a essa teoria para compreender a utilização dos recursos, os resultados alcançados e as estratégias para aprimorar a eficiência e produtividade, visando a redução de custos. O Quadro 2 exemplifica inputs e outputs na cadeia produtiva do milho, considerando sua interação com alguns fatores climáticos.

Quadro 2 – Inputs e outputs atrelados aos fatores climáticos

Inputs	Observação	Outputs	Observação
<u>Radiação solar</u>	A quantidade e a intensidade da luz solar podem afetar a taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de biomassa e grãos de milho.	<u>Rendimento de grãos</u>	O rendimento dos grãos de milho está diretamente ligado à radiação solar, sendo que condições climáticas favoráveis, como a exposição à luz solar, tendem a resultar em maiores produtividades.
<u>Precipitação pluviométrica</u>	A quantidade e distribuição das chuvas resultou diretamente no crescimento e desenvolvimento do milho. A falta de chuva ou o excesso podem causar estresse hídrico, afetando a produtividade.	<u>Qualidade dos grãos</u>	Podem afetar a qualidade dos grãos de milho, incluindo tamanho, textura, teor de amido e conteúdo nutricional. Por exemplo, períodos de estresse hídrico ou altas temperaturas podem levar a grãos menores ou a uma menor qualidade nutricional.
<u>Temperatura</u>	O milho tem requisitos específicos de temperatura para seu crescimento e desenvolvimento adequado. Temperaturas extremas, tanto altas quanto baixas, podem afetar o rendimento e a qualidade dos grãos.	<u>Custo de produção</u>	Os fatores climáticos podem influenciar significativamente o custo de produção do milho. Variações climáticas extremas, como secas prolongadas ou enchentes, podem exigir o uso de práticas adicionais, como irrigação ou controle de pragas e doenças, aumentando os custos de produção.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dessa forma, considera-se que a produção de milho está intimamente ligada às condições climáticas, as quais influenciam tanto os insumos (inputs) quanto os resultados (outputs), refletindo diretamente nos custos de produção, os quais variam significativamente entre diferentes regiões.

O tópico a seguir Produção do Milho será abordado em diversas perspectivas começando pela análise das fases e aspectos técnicos do cultivo do milho. Em seguida, será discutida a influência do clima e seus efeitos na produção. Posteriormente, serão abordados os diferentes sistemas de produção da cultura e por fim, será explorada a produção mundial, destacando os principais países produtores e as tendências globais.

2.2 Produção do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta da família Gramineae/Poaceae. Foi no México que foram encontrados os primeiros registros de seu cultivo no mundo, em pequenas ilhas próximas ao litoral mexicano, datados com mais de 7.300 anos. Na América do Sul, foram também encontrados indícios de que o milho já era cultivado a mais de 40 séculos, no sul do Peru, em um sítio arqueológico de Waynuna (Milho [...], 2014).

O processo de domesticação do milho ocasionou uma série de alterações morfológicas entre o teosinto selvagem e a versão cultivada do milho, e a intervenção humana foi fundamental para essa transformação e para o surgimento da espécie cultivada. A transformação do teosinto, com grãos dispersos e espiga pequena, para o milho cultivado, com uma espiga maior contendo grãos fortemente ligados à ráquis é uma das notáveis mudanças resultantes desse processo de domesticação (Costa *et al.*, 2020).

A evolução morfológica do milho ao longo do tempo levou à sua adaptação como uma planta monoica, com órgãos reprodutores de ambos os sexos. Essas mudanças na anatomia básica das gramíneas foram impulsionadas por fatores ambientais e pressões de seleção, resultando na criação de uma planta anual de milho, ereta e alta, buscando maximizar a produção de grãos. (Magalhães; Souza, 2015).

O ciclo de cultivo, como detalhado por Fancelli e Dourado Neto (2004), abrange desde a preparação do solo até a colheita, passando por etapas como plantio, germinação, desenvolvimento vegetativo, floração, polinização, formação dos grãos e maturação. Para acompanhar o crescimento e o desenvolvimento das plantas ao longo do tempo são utilizadas as escalas fenológicas como ferramentas na agricultura.

No caso do milho, Fancelli (1986) adaptou a escala de Hanway (1963, 1966) e Nel e Smith (1976), adicionando a duração média dos intervalos entre os estádios da cultura, considerando a diversidade de genótipos e climas brasileiros (Bergamaschi; Matzenauer, 2014). O Quadro 3 ilustra essas adaptações.

Quadro 3 - Escala fenológica do milho segundo Hanway (1963), adaptada por Fancelli (1986)

Estádios (símbolo)	Descrição Dos estágios	Tempo decorrido (dias / semanas)
0	Emergência das plântulas	0 (estádio inicial da planta)
1	Quatro folhas desdobradas	2 semanas após emergência
2	Oito folhas desdobradas	4 semanas após emergência
3	Doze folhas desdobradas	6 semanas após emergência
4	Pendoamento	8 semanas após emergência
5	Florescimento (espigamento)	9 a 10 semanas após emergência
6	Grãos leitosos	12 dias após a polinização
7	Grãos pastosos	24 dias após a polinização
8	Grãos farináceos	36 dias após a polinização
9	Grãos duros	48 dias após a polinização
10	Maturação fisiológica	55 dias após a polinização

Fonte: Fancelli (1986).

Já na descrição dos principais estádios fenológicos do milho segundo a escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993) conforme Quadro 4, a cada nova folha totalmente expandida refere-se a um estágio vegetativo. Os símbolos que retratam os estádios vegetativos são representados pela letra V e um algarismo que equivale ao número de folhas totalmente expandidas. Os estádios reprodutivos têm os símbolos formados pela letra R e um algarismo equivalente à sequência igual aos estádios da escala de Hanway (1963), que apresenta clareza e simplicidade (Bergamaschi; Matzenauer, 2014).

Quadro 4 - Escala fenológica do milho

Período	Estádio	Descrição	Tempo após VE	Mês 1ª safra	Mês 2ª safra
<i>Vegetativo</i>	VE	Germinação do grão e emergência de coleóptilos acima da superfície do solo.	1 a 2 semanas	Outubro	Março
	V1	Primeira folha com colar visível.			
	V2	Segunda folha, raízes nodais começam a crescer abaixo do solo, e as raízes seminais começam a senescer			
	V4	Quarta folha, as raízes nodais são dominantes, ocupando maior volume de solo em comparação com as raízes seminais.	2 a 5 semanas	Outubro	Março
	V6	Sexta folha, o ponto de crescimento emerge e encontra-se acima da superfície do solo.			
	V10	Décima folha, raízes aéreas começam a se desenvolver nos nós da planta, logo acima da superfície do solo.			
	V14	Décima quarta folha, rápido crescimento, aproximadamente duas semanas antes do florescimento. Nessa fase o milho é altamente sensível.			

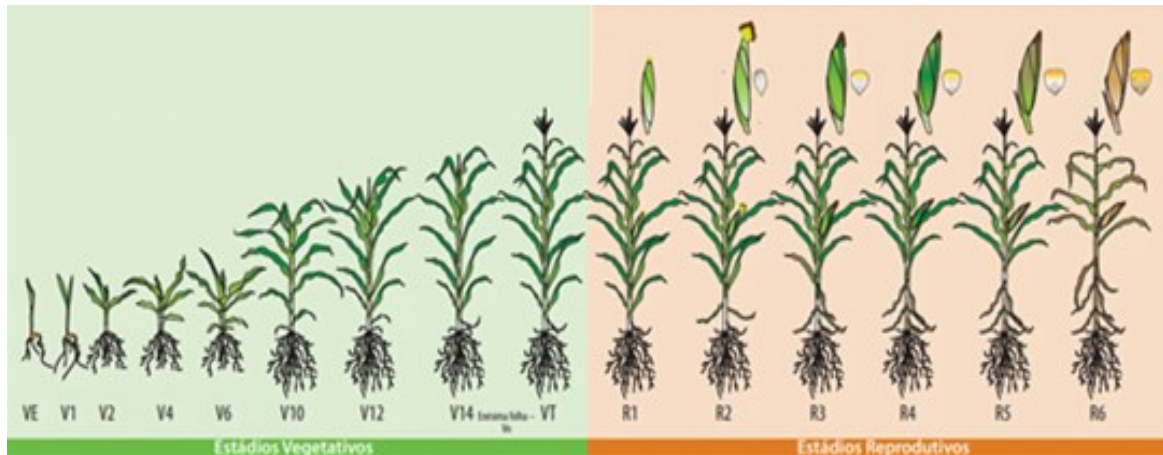
	VT	Pendoamento, o último ramo do pendão é visível no topo da planta. A planta apresenta-se próxima à sua altura máxima.			
Reprodutivo	R1	Embonecamento e polinização, o pólen vai do pendão até o estilo-estigma (“cabelo”) do milho, fertilizando o óvulo e, assim, produzindo um embrião. Após a fertilização, a divisão celular começa a ocorrer dentro do embrião.	8 a 10 semanas	Dezembro	Maio
	R2	Grão bolha d’água, o grão se assemelha a uma bolha com coloração branca e fluido transparente em seu interior. Inicia-se o enchimento de grão, grão com 85% de umidade.	10 a 12 semanas	Dezembro	Maio
	R3	Grão leitoso, o grão torna-se amarelado e um fluido semelhante ao leite pode ser extraído. Este fluido é o resultado do processo de acúmulo de amido dentro do grão.	12 a 14 semanas	Janeiro	Junho
	R4	Grão pastoso, nesta fase, ocorre um rápido acúmulo de nutrientes e amido. Material extraído do grão apresenta uma consistência pastosa, grão com 70% de umidade.	14 a 16 semanas	Janeiro	Junho
	R5	Formação de dente, a maior parte dos grãos estão dentados e o conteúdo de amido aumenta, grão com 55% de umidade.	16 a 18 semanas	Fevereiro	Junho
	R6	Maturação fisiológica, o grão atinge a sua maior massa seca (30 a 35% de umidade) e estão maduros fisiologicamente.	18 a 20 semanas	Março	Julho

Fonte: Adaptado de Oliveira (2016); Ciampitti; Elmore; Lauer (2016).

Além da descrição dos estádios fenológicos do milho, o Quadro 4 apresenta estimativas do tempo decorrido após a emergência (VE) e estimativas dos meses correspondentes para cada estágio, tanto para o período de cultivo da primeira safra quanto para a segunda safra.

Pode-se perceber na Figura 1, o que muda na fenologia da planta de milho durante o ciclo é o tempo de duração dos estádios fenológicos. O estágio vegetativo inicia com a germinação e emergência e finaliza com o pendoamento. A partir do pendoamento, começam os estádios reprodutivos, que terminam no ponto de maturidade fisiológica do grão.

Figura 1 - Fases de desenvolvimento da cultura do milho



Fonte: Ciampitti; Elmore; Lauer (2016).

De acordo com Ciampitti, Elmore e Lauer (2016), à medida que as plantas avançam para a primeira e segunda folha (V1 e V2, respectivamente), o crescimento das raízes e o acompanhamento das condições climáticas se tornam importantes. O estágio V4 marca o início da rápida absorção de nutrientes, particularmente do nitrogênio, e a necessidade de manejo de adubação para melhor eficiência de uso dos nutrientes. No V6, a demanda por água e nutrientes continua alta, sendo fundamental o controle de possíveis problemas de raízes e doenças.

Conforme o milho atinge os estádios V10 e V14, as demandas por nutrientes e água se aproximam do máximo. Nesses estádios, é importante monitorar a ocorrência de pragas, como pulgão do milho, lagartas e doenças como cercosporiose e ferrugem, pois a perda de folhas pode afetar significativamente a produção. Quanto ao estágio de pendoamento (VT), requer atenção especial, pois o surgimento de espigas anormais e possíveis problemas radiculares podem afetar a produção final (Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016; Fancelli, 2017).

Durante as fases reprodutivas do milho, a demanda por nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, bem como água, atinge seu pico. O calor e a seca podem prejudicar a polinização e afetar o número final de grãos. Adversidades como desfolha por granizo ou insetos podem ter um impacto significativo na produtividade. Nos estádios R1 a R3, estresses podem resultar em redução do número de grãos e afetar a qualidade, levando a grãos mal formados ou chochos. Geadas nesse período podem ser prejudiciais, causando perdas significativas na produção (Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016; Fancelli, 2017).

Já nos estádios R4 e R5, a redução da massa do grão é uma possibilidade diante de estresses, e a colheita para silagem se aproxima. É importante controlar insetos como a Broca Europeia do milho, que podem impactar a produção. Finalmente, no estágio R6, a maturidade

fisiológica é alcançada, sendo recomendada uma umidade de cerca de 14,5% para armazenamento a longo prazo. Problemas como acamamento devido a doenças ou granizo podem aumentar as perdas na produtividade (Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016; Fancelli, 2017).

Ao considerar os fatores ambientais bióticos e abióticos, torna-se evidente que eles exercem uma influência direta no crescimento e desenvolvimento das plantas de milho. Esses fatores incluem interações entre organismos vivos, como simbiose, parasitismo e herbivoria, e elementos físicos do ambiente, como temperatura, luz e umidade. Quando as condições abióticas são ideais, as plantas atingem seu estado fisiológico normal e demonstram um desempenho ótimo, como ilustrado nas diferentes fases da cultura do milho na Figura 1 (Magalhães; Souza, 2015).

Landau, Magalhães e Guimarães (2021), corrobora essa perspectiva, destacando que o cultivo do milho é fortemente influenciado por fatores ambientais essenciais como água, temperatura e radiação solar. A temperatura ideal para o seu desenvolvimento está entre 24°C e 30°C, sendo que temperaturas superiores a 26°C aceleram a floração e as inferiores a 15,5°C retardam esse processo. Em relação à água, embora a planta seja exigente, ela tolera variações na precipitação de 250 mm a 5000 mm anuais, com um consumo médio de 600 mm durante o ciclo, podendo chegar a 10 mm/dia em condições extremas.

Além disso, a radiação solar desempenha um papel fundamental no processo fotossintético. A redução de 30% a 40% na intensidade luminosa pode atrasar a maturação dos grãos ou até mesmo diminuir a produção em até 90%, proveniente da fixação de CO₂ no processo fotossintético (Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

De acordo com Guimarães e Landau (2015), os estágios críticos para o milho são a iniciação floral até o desenvolvimento da inflorescência e o período do pendramento até a maturação, pois são fases suscetíveis ao déficit hídrico. Em linha com essa perspectiva, Fancelli (2015) enfatiza a importância de condições ideais, como temperatura favorável, luminosidade adequada, alta disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar superior a 70% durante os estágios de floração e enchimento dos grãos do milho

A presença de ventos é outro fator relevante a considerar nas plantações de milho. Segundo observações feitas por Fancelli (2017), esses ventos podem aumentar a demanda por água das plantações de milho, tornando-as mais suscetíveis a breves períodos de seca. Adicionalmente, essa condição climática pode favorecer o acamamento, ou seja, o tombamento das plantas de milho devido à ação do vento. Contudo, qualquer desvio ou variação dessas condições ideais pode resultar em estresse nas plantas, o que tem um impacto negativo no seu

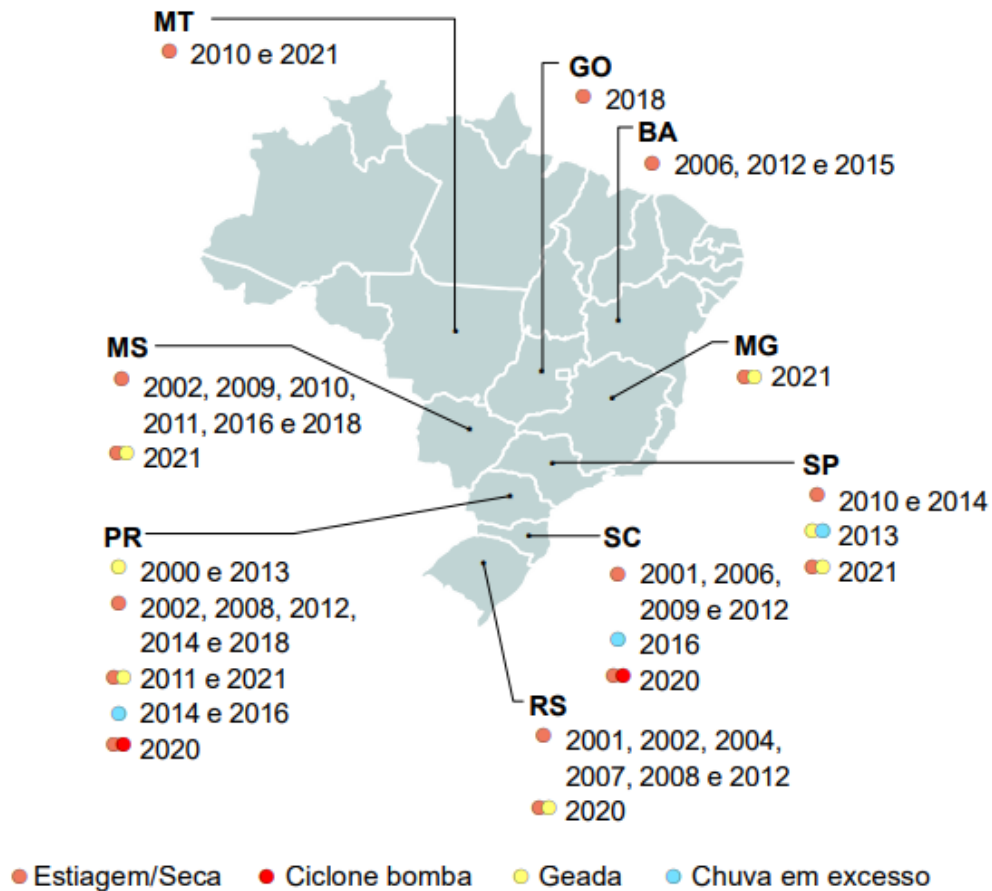
crescimento, desenvolvimento e produção, como discutido por Neto e outros autores (Neto *et al.*, 2015)

Com base na perspectiva de Souza e Guimarães (2015), o estresse nas plantas configura-se como uma interferência no crescimento das culturas originada pelo ambiente de cultivo, resultando em uma redução da produtividade. Essa condição pode ser desencadeada por diversos fatores, especialmente aqueles de caráter abiótico associados ao clima. Embora os fatores bióticos, como pragas e doenças, também tenham impacto no estresse das plantas, são as condições climáticas que apresentam uma relação mais direta com a diminuição da produtividade das culturas.

Considerando o enfoque do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), as perdas mais prejudiciais ao agronegócio ocorrem durante o cultivo, sendo o clima um fator determinante e incontrolável pelo produtor. Eventos climáticos, como estiagens prolongadas, temperaturas extremas, granizo e chuvas excessivas, comprometem o crescimento das culturas, aumentando a vulnerabilidade a pragas e doenças. Além disso, fenômenos como El Niño e La Niña exercem impacto no Brasil, resultando em escassez de água, aumento de temperatura e modificações na precipitação em distintas regiões do país, agravando os desafios enfrentados pelos agricultores (Brasil, 2022). Essa relação estreita entre estresse das plantas e condições climáticas ressalta a complexidade do setor agrícola diante de fatores externos incontroláveis, influenciando diretamente na produção agrícola.

Um estudo abordando as perdas em todas as culturas, na agricultura brasileira entre 2000 e 2021 desenvolvida pelo Mapa, cuja metodologia adotada compreendeu três etapas distintas: a primeira consistiu na compilação de notícias de perdas na agricultura, a segunda na organização e análise da base de dados da Conab, e a terceira na análise e comparação das duas bases de dados das etapas anteriores (Brasil, 2022). A Figura 2 retrata os 'Eventos climáticos causadores de quebras na cultura do milho entre os anos de 2000 a 2021' em que são apresentados os resultados dos dados apenas desta cultura em específico.

Figura 2 - Eventos climáticos causadores de quebras na cultura do milho entre os anos 2000 a 2021

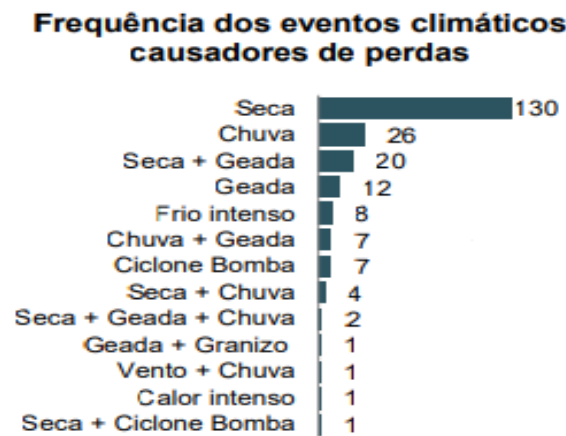


Fonte: Brasil (2022).

Nota-se pela Figura 2 que nove estados sofreram perdas na produção de milho devido a eventos climáticos entre os anos 2000 e 2021, sendo eles: Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Minas Gerais e Goiás. Percebe-se que os principais eventos climáticos causadores foram principalmente a Seca, a Chuva e a Geada. Enquanto a ocorrência de seca foi distribuída por todos os estados, as Geadas se concentraram em São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (Brasil, 2022).

O estudo também identificou que alguns eventos climáticos acontecem simultaneamente com outros, conforme ilustrado na Figura 3 Frequência de eventos climáticos causadores de perdas.

Figura 3 - Frequência de eventos climáticos causadores de perdas



Fonte: Brasil (2022).

Os principais eventos climáticos responsáveis por perdas significativas foram a seca, mencionada em 130 relatos, seguida pela chuva, com 26 relatos, e a geada, com 12 relatos. Foi observado que muitas vezes as perdas nas lavouras não são causadas de forma isolada por um único evento climático, mas sim pela combinação de diferentes eventos. Entre as notícias analisadas, as associações mais frequentes que resultaram em perdas nas culturas foram a seca em conjunto com a geada, assim como a chuva associada à geada (Brasil, 2022).

Considerando os desafios e riscos enfrentados pelos agricultores diante das adversidades climáticas que podem impactar significativamente as culturas, a adoção de estratégias preventivas torna-se essencial para mitigar perdas. Nesse sentido, o conhecimento prévio do histórico climático da região e o acompanhamento meteorológico são importantes para contornar os efeitos adversos na produção agrícola.

É nesse contexto que o zoneamento agrícola se destaca como uma ferramenta fundamental, com orientações precisas aos agricultores, permitindo a identificação do melhor período para plantio de acordo com as especificidades regionais, como condições climáticas, tipos de solo e cultivares (Guimarães; Sans; Landau, 2021). Recentemente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprovou o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para a cultura de milho em diversos estados, referente ao ano-safra 2023/2024, por meio das Portarias SPA/MAPA n°s 354 a 361, emitidas em 27 de junho de 2023 (Brasil, 2023). Após abordar a relevância do zoneamento agrícola para reduzir os riscos climáticos na produção, é importante compreender as distintas práticas de cultivo de milho.

Duarte *et al.* (2008) e Duarte, Garcia e Miranda (2015), identificaram três principais sistemas de produção, independentemente da região: o produtor comercial de grãos, focado na produção de milho e soja com tecnologia avançada para abastecer o mercado; o produtor que combina grãos e pecuária, utilizando tecnologia média e priorizando o milho para renovação de pastagens, embora enfrente desafios de gestão e equipamentos; e, por fim, o pequeno produtor, cuja produção é subsistencial e possui baixa relevância no mercado, operando com tecnologia limitada e foco no consumo interno

Um outro fator relevante a ser abordado é que a estruturação da produção de milho em múltiplas safras (primeira, segunda e terceira safra) ao longo do ano, está intrinsecamente relacionada à variedade de condições climáticas e de solo que permeiam as diferentes regiões do Brasil. Essa divisão permite uma exploração mais ampla da cultura do milho ao longo do ano, aproveitando as condições variadas de clima e solo presentes em diferentes regiões do país (Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

No Brasil Central a precipitação desempenha um papel importantíssimo, determinando a disponibilidade de água no solo e indiretamente afetando as taxas de radiação. Em contrapartida, nas regiões Sul e Nordeste, é a temperatura que representa o fator mais limitante para o crescimento do milho (Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

Durante o período chuvoso, que varia de final de agosto no Sul a outubro/novembro no Sudeste e Centro-Oeste (e no início do ano no Nordeste), ocorre o plantio de verão, também chamado de primeira safra. Nas últimas décadas, tem-se observado um aumento na produção da segunda safra, ou safrinha, em detrimento da safra de verão que historicamente era o cultivo predominante de milho. Representando o milho de sequeiro, a safrinha é plantada geralmente entre fevereiro e março, principalmente após a colheita da soja precoce. Essa prática é predominante na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais (Alberton, 2009; Filho; Cruz; Garcia, 2021).

Inicialmente a segunda safra era caracterizada por sua baixa produtividade e escala reduzida, mas ganhou relevância ao longo do tempo. Apesar das condições climáticas adversas, os plantios na safrinha têm sido gradualmente adaptados em sistemas de produção, resultando em aumentos de rendimento nas colheitas. A expressão safrinha, embora tenha perdido parcialmente seu significado original, continua amplamente reconhecida e utilizada na agricultura brasileira (Duarte; Garcia; Miranda, 2015).

No contexto do sistema produtivo, o cultivo sequencial de soja e milho se estabelece, onde a soja é cultivada no verão, seguida pelo milho. O principal objetivo é maximizar a utilização do solo, antecipando o plantio da soja e usando sementes de ciclo curto para permitir

o plantio subsequente do milho antes do outono. Esse modelo, especialmente no cerrado brasileiro, incorpora o cultivo de segunda safra de milho como uma estratégia para reduzir os custos fixos na agricultura, aplicando técnicas de plantio direto para minimizar o impacto no solo. Além disso, a gestão eficiente de pragas e doenças, juntamente com a adoção de sementes geneticamente modificadas, fazem parte das práticas tecnológicas utilizadas nesse sistema de produção (Alberton, 2009; Barros; Alves, 2015).

Corroborando com os autores acima, Melo Filho e Mattoso (2015) mencionam que o rendimento e o nível tecnológico do milho variam conforme o período de plantio. Plantios mais precoces tendem a seguir um sistema similar ao da safra regular, enquanto plantios tardios os agricultores reduzem o nível tecnológico (refere-se, basicamente, à semente utilizada e à redução nas quantidades de adubos e defensivos aplicados) devido ao aumento do risco associado às condições climáticas desfavoráveis como frio intenso, geadas e/ou escassez de água.

A inclusão da terceira safra como parte do panorama agrícola é um desenvolvimento recente, tendo seu reconhecimento iniciado pela Conab a partir de 2019. Conforme o Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil de 2022 da Conab, a produção de milho na terceira safra está concentrada nos estados das regiões Norte e Nordeste, tais como Alagoas, Bahia, Pernambuco, Roraima, Sergipe e Amapá. Esses estados emergiram como novos polos para o cultivo de milho nesse período adicional de plantio, representando uma extensão significativa na temporada de produção de grãos no país (Conab, 2021)

Ainda neste contexto, Filho e Borghi (2022) salientam que a indústria de sementes detentoras do dinamismo do melhoramento genético e da biotecnologia em milho, continuamente desenvolvem novas cultivares, mais eficientes e capazes de produzir mais por hectare em função de eficiência fotossintética e de uma adequada arquitetura radicular e da parte aérea. Os híbridos desempenha um papel importante ao conferir resistência a pragas, tolerância a herbicidas e adaptação a condições adversas, garantindo a competitividade em diferentes ambientes de cultivo (Pereira Filho; Borghi, 2022)

As cultivares de milho são classificadas de acordo com seu ciclo de desenvolvimento, podendo ser normais, semiprecoces, precoces e superprecoces. As variedades precoces são as mais usadas (72,5%) e são adaptáveis tanto para a safra principal quanto para safrinha, mas em situações específicas, como estresses climáticos, as variedades mais precoces ou superprecoces tornam-se preferenciais. Para fins de Zoneamento Agrícola, o Ministério da Agricultura categorizou as cultivares em três grupos com base na duração do ciclo: Grupo I (menos de 110 dias), Grupo II (entre 110 e 145 dias) e Grupo III (mais de 145 dias) (Cruz et al, 2021; Oliveira,

2021).

Ainda no contexto do sistema de produção é relevante destacar a importância do milho na integração lavoura-pecuária (ILP), mostrando alto potencial produtivo nas propriedades rurais. O milho desempenha um papel importante na produção de grãos utilizados como silagem, suprimindo as necessidades alimentares dos animais durante a entressafra. Esta versatilidade é fundamental para o abastecimento em sistemas intensivos de produção, tanto em confinamentos para a pecuária leiteira quanto para a de corte (Alvarenga; Gontijo Neto; Cruz, 2021).

De acordo com Mitchell et al (2017), os agricultores estão constantemente em busca de estratégias para diminuir os gastos na produção, considerando alternativas como a reforma ou recuperação de pastagens. O cultivo simultâneo de milho safrinha junto com pastagem emerge como uma prática sustentável, satisfazendo as necessidades alimentares do gado e desempenhando um papel importante ao cobrir o solo. Essa integração contribui de maneira significativa para a incorporação de matéria orgânica no ambiente.

Assim, a produção integrada de milho se apresenta como uma estratégia eficaz para impulsionar a produtividade nas propriedades rurais, ao mesmo tempo em que promove práticas sustentáveis e econômicas. Nas condições tropicais, esse sistema de cultivo fundamenta-se em três princípios agrícolas: a não perturbação do solo por meio de implementos agrícolas, a cobertura contínua do solo com resíduos vegetais (palha) pelo máximo período possível e a prática de rotação de culturas (Resende *et al.*, 2016; Blanco-Canqui; Ruis, 2018).

Em termos de impactos futuros de novas tecnologias que contribuem para otimizar o uso da terra, a Embrapa Milho e Sorgo introduziu o sistema inovador "Antecipe", envolvendo a semeadura mecanizada do milho nas entrelinhas da soja, a partir do estágio de desenvolvimento R5 da leguminosa. Esse método, fruto de mais de 13 anos de pesquisa, não busca alterar o sistema tradicional soja/milho no Brasil, mas visa reduzir o risco em áreas onde a semeadura é realizada no limite da janela de plantio definida pelo Zarc. O "Antecipe" é destinado a áreas com maior risco de perda de produtividade devido a condições climáticas restritivas, oferecendo uma alternativa para estabelecer precocemente a cultura do milho antes da colheita da soja, sem interferir nas áreas onde já se utiliza o sistema soja/milho segunda safra (Magalhães *et al.*, 2020)

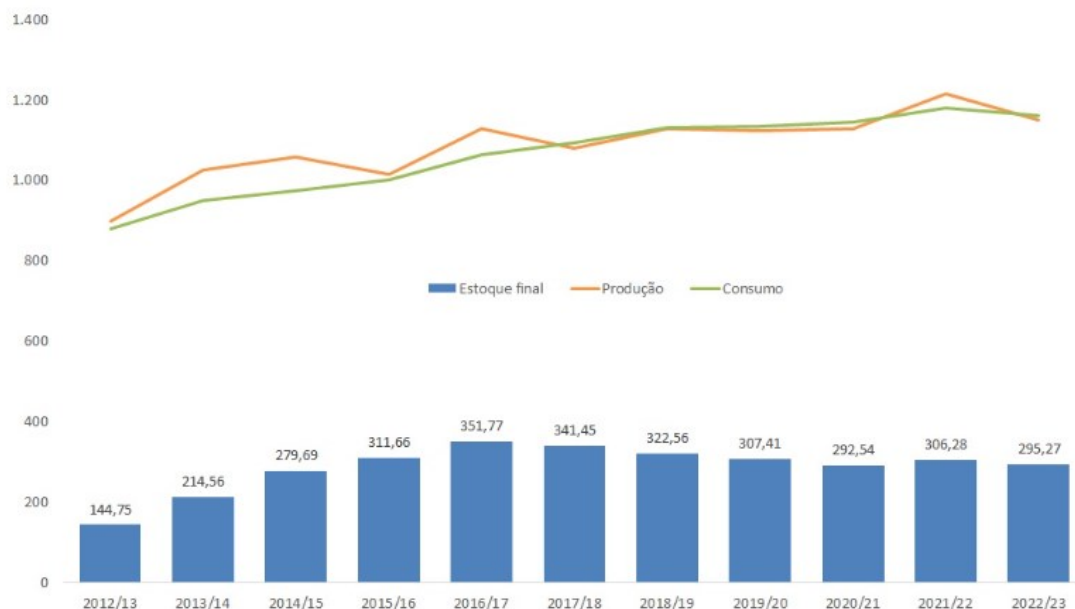
Essas estratégias de cultivo são ainda mais relevantes considerando o estatus da produção mundial de milho. Nas últimas décadas, o milho atingiu o nível de maior cultura agrícola do mundo, tornando-se a única a ultrapassar a marca de 1 bilhão de toneladas, ultrapassando culturas, como o arroz e o trigo. Ao mesmo tempo, a sua cultura ganha mais

importância pelos diversos usos, com estimativas que apontam mais de 3.500 aplicações deste cereal (Miranda, 2018).

O milho é produzido em quase todos os países do mundo, uma vez que é um cereal que é utilizado na cadeia alimentar do ser humano e de outras espécies. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, o estoque mundial de milho pode encerrar a safra 2022/23 com 295,27 milhões de toneladas, valor abaixo da safra 2021/22 (306,28 milhões de toneladas) (Formigoni, 2023).

Pode-se observar pelo Gráfico 1 que o estoque final de milho no mundo permanece baixo e menor que os anos anteriores, especialmente entre 2016 e 2019, quando oscilou entre 322,56 e 351,77 milhões de toneladas.

Gráfico 1 – Estoque final, consumo e produção mundial do milho



Fonte: (Formigoni, 2023).

Desde as últimas 8 safras, incluindo a previsão para 2022/23, que o estoque final de milho no mundo ficou acima de 300,0 milhões de toneladas, com exceção apenas da safra 2020/21 e a expectativa para 2022/23 (Formigoni, 2023).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos previu que a safra mundial de milho 2022/23, terá uma produção global de 1.151,4 bilhão de toneladas, tendo os países Estados Unidos, China, Brasil e Ucrânia entre os maiores produtores (Fiesp, 2023).

Tabela 1 - Produção Mundial (milhões de t)

Países	Safras		Variação	
	21/22	22/23	Abs.	(%)
EUA	382,9	348,8	-34,1	-8,9%
CHINA	272,6	277,2	4,6	1,7%
BRASIL	116,0	125,0	9,0	7,8%
UCRÂNIA	42,1	27,0	-15,1	-35,9%
DEMAIS	402,4	373,4	-29,0	-7,2%
MUNDO	1.216,0	1.151,0	-64,6	-5,3%

Fonte: Fiesp (2023).

Pela Tabela 1 podemos observar que os Estados Unidos ocupam a primeira colocação com previsão de 348,8 milhões de toneladas e a China é o segundo colocado com 277,2 milhões de toneladas. No ranking, o Brasil ocupa uma posição de destaque entre os principais produtores mundiais de milho, estando em terceiro lugar na produção do grão, com estimativa de safra de 125 milhões de toneladas. Destaca-se que estes três países juntos, representam 70% da produção mundial do cereal.

A USDA estima que a safra terá um decréscimo de 5,3% pouco mais de 64,6 milhões de toneladas para a safra 2022/23. Essa queda na produção de milho mundial deve acontecer principalmente por conta da redução da safra nos EUA, de 382,89 milhões de toneladas em 2021/22 para 348,8 milhões de toneladas em 2022/23. Além da queda na safra dos EUA, a Ucrânia deve produzir 27,00 milhões de toneladas de milho na safra 2022/23, uma queda de 38,9% em relação a 2021/22 (42,1 milhões de toneladas) (Fiesp, 2023).

Em relação às exportações, o Brasil passou a ser o primeiro no ranking (Tabela 2), com estimativa de 50 milhões de toneladas exportadas na safra 2022/2023, ultrapassando o maior produtor mundial Estados Unidos (Fiesp, 2023).

Tabela 2 - Exportações Mundiais (milhões de t)

Países	Safras		Variação	
	21/22	22/23	Abs.	(%)
BRASIL	48,0	50,0	2,0	4,2%
EUA	62,8	48,9	-13,9	-22,1%
ARGENTINA	34,0	35,0	1,0	2,9%
UCRÂNIA	27,0	22,5	-4,5	-16,6%
DEMAIS	33,0	24,7	-8,3	-25,2%
MUNDO	204,7	181,1	-23,7	-11,6%

Fonte: Fiesp (2023).

A liderança do Brasil nas exportações de milho não apenas evidencia sua posição proeminente na produção, mas também destaca a sua importância no cenário agrícola. Agora, direcionaremos nosso foco para explorar a importância da contabilidade de custos e dos métodos de custeio, considerando os diversos custos inerentes à produção agrícola, além do sistema de custeio adotado pela Conab. Essa análise permitirá uma compreensão mais aprofundada das particularidades da contabilidade de custos e dos procedimentos para calcular os custos associados à produção.

2.3 Contabilidade de Custos

A contabilidade de custos é um ramo essencial da contabilidade, fornecendo informações importantes para a administração, planejamento e decisões empresariais ao permitir a alocação criteriosa dos custos de produção aos produtos. De acordo com Nascimento *et al.* (2016), essa área é uma aliada fundamental na gestão empresarial, facilitando tomadas de decisão, implementação de estratégias e a busca por vantagem competitiva. Ao possibilitar a manutenção de custos, redução de perdas e aprimoramento na aquisição de insumos, a contabilidade de custos contribui para que a empresa se destaque frente à concorrência, oferecendo diferenciais significativos aos seus clientes.

A escolha do sistema de custeio depende das características da empresa e do setor de atuação. É relevante selecionar um método que forneça informações precisas sobre os custos de produção, facilitando a tomada de decisões. Diferentes métodos, como Custeio por Absorção, Custeio Variável, ABC, Custeio Pleno, são utilizados para atribuir custos aos produtos (Martins, 2010). A decisão sobre qual sistema de custeio adotar deve considerar objetivos específicos, já que os dados podem variar de acordo com o método utilizado. Empresas podem adotar múltiplos métodos alinhados aos objetivos, sempre avaliando a relação custo-benefício (Martins; Rocha, 2015).

O Custeio por Absorção, segundo Martins (2010), é o método que apropria todos os custos de produção aos bens elaborados, excluindo somente os gastos não relacionados à produção. No Brasil, é obrigatório para todas as pessoas jurídicas na contabilidade societária, embora não restrinja as empresas de adotarem outras abordagens para gestão interna ou tomada de decisão. Apesar de ser vantajoso na formação de preços, distinguindo claramente custos e despesas, tem suas desvantagens. Não considera o comportamento dos custos em relação à produção e utiliza critérios arbitrários para alocar custos indiretos, não fornecendo informações precisas sobre o consumo de custos por produto (Vasconcellos, 2023).

No método do Custeio Variável, somente os custos variáveis são atribuídos à produção do período, mantendo os custos fixos separados como despesas. Consequentemente, a avaliação dos estoques é feita considerando apenas os custos variáveis, enquanto os custos fixos e outras despesas são diretamente imputados ao resultado, tornando a mensuração total do custo de um objeto de custeio inviável. Apesar de não ser reconhecido para fins fiscais, esse método oferece uma análise valiosa da margem de contribuição dos produtos em relação aos custos fixos, simplificando decisões gerenciais sobre a viabilidade de aumentar a produção ou introduzir novos produtos (Mareth *et al.*, 2012; Martins; Rocha, 2015; Vasconcellos, 2023).

O Custeio Variável é útil na gestão e tomada de decisões empresariais, porém tem suas desvantagens. Ele não inclui os custos fixos dos produtos, o que reduz o valor dos estoques e valor do patrimônio. É mais adequado para análises de curto prazo e não considera aumentos nos custos fixos a longo prazo. Similar ao custeio por absorção, enfrenta dificuldades na alocação eficiente de custos indiretos, causando inconsistências nos custos de produção (Viceconti; 2018).

O método ABC, ou Custeio Baseado em Atividades, fundamenta-se na análise das atividades realizadas pela empresa, visando reduzir as distorções causadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos em outros sistemas de custeamento (Martins, 2010). Ele não se limita a apenas alocar custos, mas desempenha um papel importante na gestão de negócios ao adotar a visão de que as atividades realizadas consomem custos, não os produtos em si. O ABC monitora os recursos utilizados na produção, mapeando todas as atividades, e é considerado uma ferramenta poderosa para a gestão de custos, exigindo um detalhamento minucioso das atividades em cada departamento para sua implementação eficaz (Nakagawa, 2012; Vasconcellos, 2023).

O Custeio Pleno, conforme definido por Vartanian & Nascimento (1999), implica na alocação total de custos e despesas aos objetos de custeio, como unidades de produtos ou ordens de serviço. Essa abordagem fornece informações abrangentes ao incorporar todos os gastos na organização, o que, segundo os autores, representa uma vantagem do método. A inclusão de custos fixos no Custeio Pleno também viabiliza uma perspectiva de longo prazo para uma análise completa, sendo outro benefício destacado pelos autores.

Porém, Raupp & Beuren (2010) afirmam que o método de custeio pleno distribui todos os custos, tanto os de produção quanto os associados às despesas da empresa, inclusive os financeiros, para todos os produtos. Contrariamente, Martins (2012) ressalta a necessidade de precaução ao adotar o custeio pleno, advertindo que, embora atribua todos os gastos, incluindo

despesas financeiras, aos produtos, essa prática pode infringir princípios contábeis, sendo mais apropriada para uso no contexto gerencial.

Em síntese, o Custeio por Absorção, Custeio Variável, método ABC e o Custeio Pleno são abordagens distintas na gestão de custos e contabilidade, cada uma com características específicas. Portanto, cada método atende a diferentes necessidades, desde a conformidade fiscal até a gestão estratégica, destacando a importância da escolha adequada de acordo com os objetivos da empresa.

No setor do agronegócio, a evolução e a crescente competição demandaram a adoção de práticas contábeis eficientes. Autores como Correio *et al.* (2019) e Kruger, Mazzioni e Boettcher (2009) ressaltam que o controle de custos na administração das atividades rurais proporciona resultados superiores e maior competitividade em relação aos concorrentes. Essa compreensão contábil torna-se relevante para a otimização dos processos e a sustentabilidade das operações no cenário agrícola atual.

A contabilidade de custos desempenha um papel importante no contexto agrícola, proporcionando uma visão detalhada do desempenho e da gestão dos negócios no meio rural (Marion, 2010). Ela engloba tanto os custos diretos quanto os indiretos relacionados à produção agrícola, sendo impactada pela tecnologia utilizada, o que influencia diretamente nos custos e na produtividade da lavoura (Silva; Dobashi, 2022). Ao analisar minuciosamente os custos, é possível identificar as fontes de ganhos e despesas na lavoura, fornecendo um panorama detalhado dos elementos que afetam a rentabilidade da produção (Ribeiro *et al.*, 2018).

Esses custos podem ser classificados como variáveis, variando conforme a quantidade produzida, ou fixos, permanecendo constantes independentemente do volume de produção (Conab, 2020). As flutuações nos custos de produção podem ser atribuídas a fatores como o nível de tecnologia empregado, a eficiência dos insumos, a escala de produção e as oscilações nos preços desses insumos, requerendo uma análise aprofundada para a tomada de decisões eficazes na agricultura.

Embora o custeio da lavoura seja um dos principais fatores que contribuem para o aumento nos custos de produção anualmente, devido à flutuação dos preços dos insumos, é essencial não se limitar a esses valores. Elementos como taxas, impostos, depreciação de maquinários, renda da terra, despesas administrativas, assessoria, entre outros, desempenham um papel significativo e devem ser devidamente contabilizados para compor integralmente os gastos da safra (Silva; Dobashi, 2023).

Na categoria dos insumos agrícolas, englobam-se fertilizantes, sementes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e outros. É imprescindível obter e registrar esses custos durante todo o

processo de instalação e desenvolvimento da cultura. Tais registros devem detalhar o valor da compra, classificação dos insumos, nome dos fornecedores e empresas, bem como a dosagem de cada produto utilizada na lavoura (Rosado Junior, 2012).

O estudo de Santana Júnior (2021) salientou a influência dos custos variáveis, especialmente os insumos e as operações agrícolas, como determinantes significativos nos gastos totais de produção, com os insumos variando entre 33,84% e 39,82%, e as operações agrícolas de 17,72% a 30,11%. Fertilizantes e sementes de milho se destacaram como os principais componentes que mais impactam os custos. Análises realizadas por Duarte *et al.* (2010) e Silva e Dobashi (2023) corroboram essa constatação, ressaltando a importância dos fertilizantes com percentuais de 61,50% e sementes com 14,54%, respectivamente, nos gastos da lavoura de milho, evidenciando sua relevância econômica no processo produtivo.

Os Custos Variáveis na produção agrícola englobam gastos que flutuam de acordo com a quantidade utilizada, como combustíveis, manutenção, salários do tratorista, entre outros. Rosado Júnior (2012) enfatiza a necessidade de individualizar os custos das máquinas e equipamentos, além de distribuir adequadamente os gastos com lubrificantes e ferramentas de uso geral. Os custos relativos à mão de obra também demonstram variações, como indicado por Richetti, Mota e Garcia (2021) e Quintino *et al.* (2022), que apresentaram divergências nos custos das operações mecânicas.

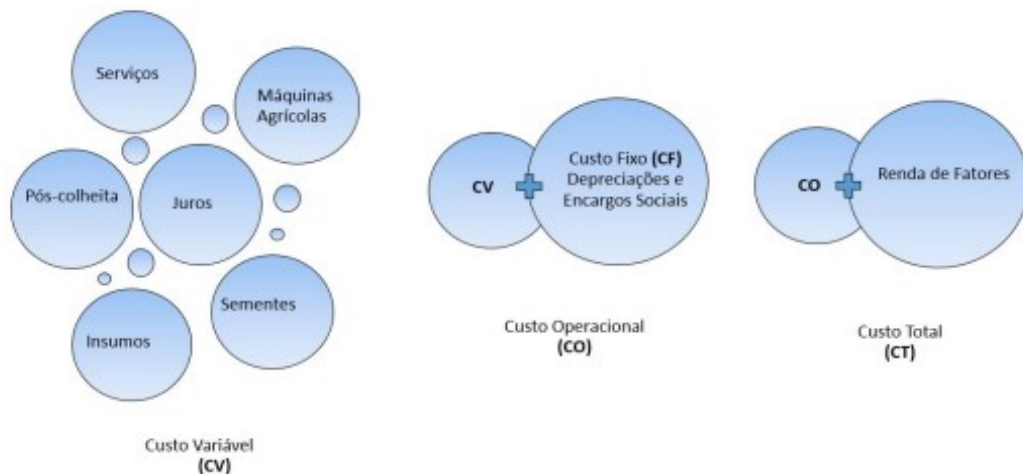
Os custos fixos, independentemente do uso dos equipamentos, incluem despesas relacionadas a máquinas inativas, enquanto os gastos com instalações são distribuídos às atividades conforme o índice de ocupação (Rosado Junior, 2012). Outros fatores, como seguro agrícola, transporte, armazenagem e impostos, representam aproximadamente 21% do custo total do produtor, conforme apontado por Silva e Dobashi (2023), embora alguns desses itens sejam dissolvidos no custo do milho caso não sejam exclusivamente associados a uma única safra de grãos.

O estudo conduzido por Quintino *et al.* (2022) sobre o custo estimado de produção na cultura do milho safrinha revelou que a Depreciação de Máquinas, Equipamentos, Benfeitorias e Instalações representa aproximadamente 1,39% do custo total. O Pronunciamento Técnico CPC 27 (2009, p. 3) define a depreciação como a alocação sistemática do valor depreciável de um ativo ao longo de sua vida útil e estabelece que a depreciação de um ativo tem início quando ele está disponível para uso, isto é, quando está no local e operacional na forma desejada pela administração. Para calcular a depreciação, é possível dividir o valor da depreciação anual, obtido pelo método linear, pela quantidade de meses correspondentes à duração da safra.

Um outro fator relevante a ser abordado é a metodologia adotada pela Conab para o cálculo dos custos de produção agrícola, Norma Metodologia do Custo de Produção - 30.302, que contempla o custo econômico estimado. Esse procedimento leva em conta os valores vigentes de todos os insumos e serviços utilizados durante a produção, os quais são levantados em um momento específico, independentemente do período em que são incorporados ao processo produtivo. “O custo é obtido observando as características da unidade produtiva, mediante a multiplicação da matriz de coeficientes técnicos pelos preços dos fatores” de produção (Conab, 2020, p.6).

Logo, para uma compreensão de como este custo é obtido, se faz necessário a definição dos principais conceitos. Define-se a 'Unidade produtiva modal' como o modelo predominante na região de estudo, servindo como base para os coeficientes técnicos usados no cálculo. O 'Pacote tecnológico' compreende o conjunto de coeficientes técnicos, preços de insumos e serviços que caracterizam esse modelo dominante de produção. Os 'Coeficientes Técnicos' representam a quantidade de insumos por hectare e são afetados diretamente pelas condições ambientais e práticas de manejo. Enquanto isso, os 'Preços dos fatores de produção' correspondem aos valores médios dos insumos e serviços na região de estudo, sujeitos a variações mais frequentes e exigindo monitoramento periódico durante o ciclo produtivo (Conab, 2020). A seguir a Figura 4 ilustra a discriminação do custo de produção.

Figura 4 – Ilustração da discriminação do custo de produção



Fonte: Conab, (2020).

Em termos econômicos, os custos de produção são categorizados em distintas classes. O 'Custo Variável' aglutina despesas associadas à produção e que se manifestam apenas com a

atividade produtiva (incidem apenas se houver produção), como insumos, mão de obra e custos financeiros. Por outro lado, o 'Custo Fixo' representa gastos indiretos, invariáveis ao volume de produção, incluindo depreciação, encargos sociais. O conceito de 'Custo Operacional' abarca custos variáveis diretos e parte dos custos fixos, aplicável em análises de médio prazo. A 'Renda de Fatores' corresponde à remuneração esperada sobre o capital fixo e a terra na produção agrícola. Por fim, o 'Custo Total' é o somatório do custo operacional com a remuneração atribuída aos fatores de produção, englobando o custo global da atividade (Conab, 2020).

Para uma maior síntese, o Anexo A apresenta os componentes do cálculo de custo de produção na íntegra, de acordo com a metodologia da Conab. Logo, será demonstrado apenas os componentes do custo que é foco deste estudo associados a fase de lavoura, denominados pela Conab como “Despesas de Custeio da Lavoura”, assim como Depreciações e Outros Custos Fixos.

De acordo com a norma as máquinas e os implementos agrícolas são projetados para a execução de operações em diversas fases do cultivo. Para determinar o custo por hora de operação das máquinas, é necessário estabelecer o preço e a quantidade utilizada (coeficientes técnicos) de cada componente para cada hora de trabalho. Isso inclui fatores como potência, consumo de diesel, filtros, lubrificantes, energia elétrica e custos com salários e encargos sociais dos operadores (Conab, 2020).

Para o cálculo da mão de obra deve-se incluir todo serviço realizado, independente do trabalho ser permanente ou temporário, se é realizada diretamente ou por intermédio de representantes, por conta própria ou por conta de terceiros, devem ser levantados os seus custos. O trabalhador rural pode ser caracterizado pelo seu Contrato de Trabalho, podendo ser: por prazo determinado; temporário; safra; acordo ou convenção coletiva de trabalho. Os encargos sociais e trabalhistas do administrador e de outros empregados contratados por tempo indeterminado são registrados no custo fixo, enquanto que nos outros tipos de contratações são incluídas no custo variável juntamente com a mão de obra correspondente. (Conab, 2020).

No caso das sementes a norma ressalta que são necessários conhecer: “variedade, cultivar ou híbrido; origem da semente; quantidade utilizada na produção; os preços; taxa de replantio, se for o caso; espaçamento entre plantas e linhas”. Para calcular o custo pode-se realizar a multiplicação da quantidade utilizada de cada material propagativo pelos respectivos preços. Já os fertilizantes o custo relativo à utilização é o resultado da multiplicação da quantidade utilizada por hectare de cada fertilizante pelo preço de cada produto (Conab, 2020).

Os agrotóxicos/defensivos são categorizados conforme o tipo de praga que visam controlar, englobando classificações como acaricidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas,

inseticidas, nematicidas, rodenticidas e moluscicidas. O cálculo do custo pode ser realizado multiplicando a quantidade empregada por hectare de cada defensivo pelo preço correspondente de cada produto. (Conab, 2020).

Segundo a norma, a depreciação é vista como uma redução gradual ao longo do tempo. Para calcular a depreciação de benfeitorias e instalações (R\$/ha), usa-se uma fórmula envolvendo $(\text{Valor do bem novo (R\$)} - \text{Valor residual do bem (\%)} / \text{Vida útil em anos}) \times \text{Taxa de de uso e a área}$. Já o cálculo da depreciação de máquinas e implementos mecânicos (R\$/ha), a fórmula considera: $(\text{Valor do bem novo (R\$)} \times (1 - \text{Valor residual do bem (\%)})) / \text{Vida útil em horas} \times \text{Horas trabalhadas por hectare (h/ha)}$. Implementos manuais e animais seguem a mesma fórmula, mas usando dias em vez de horas para calcular a vida útil e o tempo de trabalho por hectare (Conab, 2020).

De acordo com as diretrizes da Conab, a conservação regular de benfeitorias e instalações é fundamental para garantir o bom estado de um bem e estender sua vida útil. A prevenção e a aplicação de medidas corretivas são consideradas riscos assumidos pelo proprietário e são consideradas como parte integrante do custo de oportunidade da unidade produtiva. Para seu cálculo se considera: $\text{Manutenção periódica de benfeitorias e instalações (R\$/ha)} = (\text{Valor do bem novo} \times \text{Taxa de manutenção}) / \text{Área Cultivada}$.

A análise da Norma Metodologia do Custo de Produção - 30.302 da Conab e seus componentes revela especificidades a serem consideradas na elaboração do custo de produção das diversas culturas. Destaca-se a relevância da compreensão desses elementos para uma gestão precisa e estratégica dos custos na agricultura, fornecendo diretrizes fundamentais aos produtores para otimização de recursos e viabilidade econômica das operações (Conab, 2020).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo realizou uma pesquisa observacional analítica de corte transversal com abordagem quantitativa, utilizando o emprego de métodos estatísticos para coletar e tratar os dados, a fim de evitar distorções de análises e interpretações (Richardson, 2011). Quanto aos objetivos, a pesquisa classifica-se como descritiva; documental e bibliográfica quanto aos procedimentos metodológicos, pois utilizou-se fontes secundárias de dados (Lakatos; Marconi, 2010; Gil, 2022).

O estudo realizou a análise da relação entre os custos nos estágios de produção e os fatores climáticos nas principais regiões produtoras de milho. Para isso, pressupõe-se a ausência de elementos díspares na análise, como tecnologia, logística e terra, classificando-os como variáveis *ceteris paribus*. Dessa forma, o estudo parte do pressuposto de uma relação única de comparabilidade que envolve custos e clima na produção de milho. Apesar de não ignorar a importância dos elementos díspares, para fins de análise, tais fatores são deliberadamente desprezados.

Para a coleta de dados, foram selecionados os municípios por meio da técnica de amostragem não probabilística por conveniência, ou seja, municípios disponíveis e que apresentaram as informações sobre custo da produção de milho. A amostra foi retirada da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) que disponibiliza os dados, como pode ser visualizado no Quadro 5, a amostra dos municípios produtores e respectiva federação, o tipo de safra e de empreendimento.

Quadro 5 - Amostra dos municípios produtores de milho - 1ª e 2ª safra de acordo com a Conab

Produto: Milho 1ª Safra			Produto: Milho 2ª Safra		
Tipo de Empreendimento	Município	UF	Tipo de Empreendimento	Município	UF
Agricultura Empresarial	Barreiras	BA	Agricultura Empresarial	Rio Verde	GO
Agricultura Empresarial	Rio Verde	GO	Agricultura Empresarial	Cristalina	GO
Agricultura Empresarial	Balsas	MA	Agricultura Empresarial	Balsas	MA
Agricultura Empresarial	Unaí	MG	Agricultura Familiar	Caldas	MG
Agricultura Empresarial	Chapadão do Sul	MS	Agricultura Empresarial	Unaí	MG
Agricultura Empresarial	Primavera do Leste	MT	Agricultura Empresarial	Chapadão do Sul	MS
Agricultura Empresarial	Uruçuí	PI	Agricultura Empresarial	Dourados	MS
Agricultura Empresarial	Campo Mourão	PR	Agricultura Empresarial	Primavera do Leste	MT
Agricultura Empresarial	Londrina	PR	Agricultura Empresarial	Campo Verde	MT
Agricultura Familiar	Guarapuava	PR	Agricultura Empresarial	Campo Novo do Parecis	MT
Agricultura Empresarial	Ponta Grossa	PR	Agricultura Empresarial	Sorriso	MT
Agricultura Empresarial	Boa Vista	RR	Agricultura Empresarial	Londrina	PR
Agricultura Empresarial	Passo Fundo	RS	Agricultura Empresarial	Campo Mourão	PR
Agricultura Empresarial	Santo Ângelo	RS	Agricultura Empresarial	Ubiratã	PR
Agricultura Empresarial	São Luiz Gonzaga	RS	Agricultura Familiar	Assis Chateaubriand	PR
Agricultura Familiar	Canguçu	RS	Agricultura Familiar	Francisco Beltrão	PR
Agricultura Familiar	Venâncio Aires	RS	Agricultura Empresarial	Vilhena	RO
Agricultura Empresarial	Campos Novos	SC	Agricultura Familiar	Assis	SP
Agricultura Familiar	Palmitos	SC	Agricultura Empresarial	Pedro Afonso	TO
Agricultura Familiar	Carira	SE	-	-	-

Fonte: Conab (2021) - Custo de produção - Série Histórica 1997 a 2022.

Dentre os municípios analisados no quadro acima, nem todos apresentavam dados do custo de produção dentro do período proposto na pesquisa, corresponde aos anos de 2013 a 2022, devido a sua produção ocorrer em anos posteriores a 2013. Dessa forma, para os critérios de elegibilidade da pesquisa foi incluído no estudo todos os municípios que contemplaram a primeira e segunda safra de milho, e que constavam banco de informações sobre a contabilização de custos de produção e situações climáticas. Com ressalvas à produção do milho de terceira safra, pois a série histórica de custo nesta produção não estava disponível no momento da coleta de dados.

Dentre os critérios de exclusão, os municípios que não apresentaram estações meteorológicas na sua localidade ou, a distância mais próxima das estações era superior a 100 Km, foram excluídas do estudo. Sendo eles: Campo Mourão, Londrina, Guarapuava, Ponta Grossa, Santo Ângelo, Venâncio Aires, Palmitos, Ubiratã, Assis Chateaubriand, Francisco Beltrão e Assis.

Os municípios brasileiros selecionados para compor a amostra apresentam disparidades por fatores como altitude e latitude, e principalmente variações climáticas e de solo. Municípios que cultivam na 1ª safra frequentemente possuem condições climáticas mais favoráveis, com índices pluviométricos superiores, enquanto os da 2ª safra enfrentam períodos de chuvas mais curtos e menos frequentes. Além disso, as distintas práticas agrícolas adotadas, o acesso a tecnologias e os recursos hídricos disponíveis também desempenham um papel significativo, influenciando diretamente na dinâmica de cultivo do milho nessas regiões. Portanto, as análises das duas safras devem ser consideradas separadamente.

O Quadro 6 destaca os municípios que foram incluídos após a análise dos critérios de elegibilidade e o respectivo estado, as estações meteorológicas correspondentes e o período de cultura.

Quadro 6 – Municípios selecionados no estudo

Municípios	Estado	Código da estação	Período
Barreiras	BA	A402	2013 - 2022
Rio Verde	GO	A025	2013 - 2022
Balsas	MA	A204	2013 - 2022
Unai	MG	A542	2013 - 2022
Chapadão do Sul	MS	A730	2013 - 2022
Primavera do Leste	MT	A923	2013 - 2022
Uruçuí	PI	A346	2019 - 2022
Boa Vista	RR	A135	2016 - 2022
Passo Fundo	RS	A839	2013 - 2022
São Luiz Gonzaga	RS	A852	2022
Canguçu	RS	A811	2017 - 2022
Campos Novos	SC	A898	2019 - 2022
Carira	SE	A420	2019 - 2022

Cristalina	GO	A036	2020 - 2022
Caldas	MG	A530	2019 - 2022
Dourados	MS	A721	2019 - 2022
Campo Verde	MT	A912	2013 - 2022
Campo Novo do Parecis	MT	A905	2013 - 2022
Sorriso	MT	A904	2013 - 2022
Vilhena	RO	A938	2015 - 2019
Pedro Afonso	TO	A020	2015 - 2022

Fonte: Elaboração do próprio autor a partir dos critérios de seleção amostral.

Os dados sobre o custo de produção do milho nessas regiões produtoras do país são fornecidos pela Conab e são dados secundários extraídos da plataforma. Foi possível coletar séries históricas dos custos de produção da cultura, uma vez que a planilha de custos é divulgada anualmente.

A metodologia de cálculo de custos utilizada pela Conab (2010) abrange todos os gastos do produtor, desde a preparação do solo até a comercialização do produto. Estes custos são influenciados pelas características da unidade produtiva, padrões tecnológicos e preços dos fatores de produção em diferentes condições ambientais.

Logo, são atribuídos ao produto todos os custos e despesas que envolvem a produção da cultura, chamado de custeio pleno. A escolha das variáveis foi feita para distinguir somente os custos que estão diretamente ligados à produção do milho durante a fase da lavoura (despesas de custeio da lavoura), depreciações e outros custos fixos, excluindo-se os itens classificados como despesas pós-colheita, despesas financeiras e renda de fatores.

A escolha das variáveis de custo (conforme Quadro 7) é justificada pelo fato de não apresentarem valores zerados em suas contas contábeis e por serem recorrentes em pesquisas anteriores, seguindo uma abordagem semelhante à metodologia adotada nos estudos de Rodrigues (2013) e Oliveira (2016).

Para fins de subsidiar discussões técnicas na melhoria do processo produtivo e de comercialização são calculados os custos de produção econômicos estimados, considerados os custos explícitos referentes ao desembolso efetivamente realizado, e os custos implícitos os quais não ocorrem desembolsos efetivos, como é o caso da depreciação.

Dentre os componentes de custos serão analisados: a) Custos Variáveis (CV), que participam do processo, na medida em que a atividade produtiva se desenvolve, aqueles que somente ocorrem ou incidem se houver produção; b) Custos Fixos (CF), mensurado de maneira indireta, que enquadra elementos de despesas suportados pelo produtor, independente do volume de produção.

Nesta categoria (CF), estão incluídas as despesas com depreciações, que compreendem a depreciação de benfeitorias e instalações (DepreBenInst), de máquinas (DepreMáq) e de implementos (DepreImpl). Essas contas de depreciação foram agrupadas nas análises por serem custos semelhantes, criando-se a variável Depr3. Também estão nesta categoria a manutenção periódica de benfeitorias/instalações (MaBenInst) e os Encargos Sociais (EncSoc).

Na categoria de custos variáveis (CV), estão inseridas as Operações com máquinas (tratores e colheitadeiras) (OpMáq), a Mão de obra (MO), as Sementes (Semet), os Fertilizantes (Fertz) e os Agrotóxicos (Agtx).

Para o estudo são coletadas séries históricas dos custos de produção do milho por hectare, e os valores foram atualizados conforme o Índice Geral de Preços do Mercado – IGP-M, divulgados pela Fundação Getúlio Vargas – FGV. O Quadro 7 destaca a composição dos custos de produção que foram analisados no estudo

Quadro 7 - Representação dos componentes econômicos do custo de produção que foram utilizados no presente estudo

Custo	Composição
Custo Variável - CV	<ol style="list-style-type: none"> 1. Operação com máquinas (tratores e colheitadeiras) - OpMáq 2. Mão de obra - MO 3. Sementes - Semet 4. Fertilizantes - Fertz 5. Agrotóxicos - Agtx
Custo Fixo - CF	<ol style="list-style-type: none"> 1. Depr3: DepreBenInst + DepreMáq + DepreImpl 2. Manutenção periódica de benfeitorias/instalações - MaBenInst 3. Encargos Sociais – EncSoc
Custo Total - CT	CV + CF

Fonte: Adaptado de Oliveira (2016); Conab (2010).

Para a análise dos fatores climáticos, foi realizada uma busca ativa na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), um órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e representa o Brasil junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM) desde 1950. O INMET disponibiliza de forma digital, informações de tempo, de clima e de balanço hídrico, estando armazenados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

O INMET disponibiliza dois tipos de informações meteorológicas, as que advêm das estações automáticas e estações convencionais. As coletas foram embasadas por meio da busca das estações meteorológicas automáticas correspondentes aos municípios analisados.

A escolha dos fatores climáticos se dará conforme as principais exigências climáticas indicadas por Souza e Barbosa (2015). Segundo os autores, fatores bióticos (organismos vivos, como insetos, doenças) e abióticos (elementos não vivos do ambiente, como temperatura, umidade, luz, vento e outros) podem causar situações de estresse nas plantas, resultando em redução da produtividade. Assim, as variáveis meteorológicas analisadas serão as descritas no Quadro 8.

Quadro 8 - Representação das variáveis meteorológicas analisadas no estudo

Variáveis (x)	Análises meteorológicas
Fatores climáticos	1. Precipitação total (PrecipTt)
	2. Radiação global (RadGlob)
	3. Umidade Relativa do Ar (UmidRel)
	4. Vento Velocidade Horária (VentVel).
	5. Temperatura Máxima (TempMx)
	6. Temperatura Mínima (TempMn)

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Por conseguinte, após definidas as variáveis de custo e as variáveis climáticas, observou-se o comportamento dos custos de produção em relação aos fatores climáticos nas diversas fases e nos estádios fenológicos do milho. Estes estádios são uma subdivisão mais detalhada dentro da fase, baseada nas características de desenvolvimento da planta surgimento de folhas, pendramento,...maturidade fisiológica (Quadro 4). No Quadro 9 apresenta-se os estádios fenológicos e os períodos de análise correspondentes a produção do milho de 1ª e 2ª safra.

Quadro 9 - Estádio fenológico e período de análise

Fases da cultura	Estádio de desenvolvimento	Mês 1ª Safra	Mês 2ª Safra	Variáveis de Custo	Variáveis Climáticas
Preparo do Solo/Semeadura	Preparo do Solo/Semeadura	Out./X0	Mar./X0	OpMáq MO Semet Fertz Agtx Depre3 MaBenInst EncSoc	PrecipTt RadGlob UmidRel VentVel TempMx TempMn
Vegetativo	VE até V10	Out./X0	Mar./X0		
Vegetativo	V14 até VT	Nov./X0	Abr./X0		
Reprodutivo	R1 até R2	Dez./X1	Mai./X0		
Reprodutivo	R3 até R4	Jan./X1	Jun./X0		
Reprodutivo	R5 até R6	Fev./X1	Jun./X0		
Colheita	Colheita	Mar./X1	Jul./X0		

Fonte: Adaptado de Oliveira (2016).

Para análise se dividiu as fases que compõem o ciclo comum de produção do milho primeira safra de out./X0 a mar./X1, sendo X0 o ano do plantio e X1 o ano seguinte. E a segunda safra de mar/X0 a Jul/X0. Na produção do milho é atribuído, normalmente, a época de semeadura entre o período de outubro/X0 a primeira safra e mar/X0 para segunda safra.

No período vegetativo (VE até VT) após a semeadura, ocorrerá entre outubro /X0 a novembro/X0 para a primeira safra e março/X0 a abril/X0 para a segunda. O período reprodutivo (R1 a R6) ocorrerá no mês de dezembro/X1 a fevereiro/X1 para a primeira safra e e em maio/X0 a jun/X0 para a segunda safra. Já a colheita para primeira e segunda safra ocorreram no período de março/X1 a julho/X0 respectivamente. As variáveis meteorológicas foram testadas em todos os períodos mensais propostos e analisadas em conjunto com os custos de produção.

A análise de correlação foi conduzida considerando as fases fenológicas apresentadas. No entanto, a opção foi realizar as análises de regressão apenas com as fases vegetativas e reprodutivas, pois nessas etapas foram identificadas menos variações tanto nas estimativas quanto na significância.

O software estatístico *JAMOVI* foi adotado para o tratamento dos dados. O programa correlacionou o comportamento das variáveis de custos que compõem as despesas de custeio da produção de milho com as variáveis climáticas. As variáveis tanto de custos quanto às climáticas são aquelas mais recorrentes na literatura. A análise dos dados foi realizada em três momentos segundo Rodrigues (2013) e Oliveira (2016): análise descritiva, análise de correlação linear simples e regressão linear múltipla.

Para a análise das variáveis, a estatística descritiva foi utilizada para descrever e resumir dados gerais por meio da média, desvio padrão, coeficiente de variação e valor máximo e mínimo alcançado. Essa organização dos dados auxiliou na visualização e descrição da composição e evolução dos custos por variável (isoladamente), custos totais e fatores climáticos no período proposto dos municípios amostrados. Para a análise inferencial entre os custos de produção de milho e os fatores climáticos foi utilizado a correlação linear simples de Pearson (Field, 2009). As análises foram realizadas para a cultura do milho 1ª e 2ª safra.

Em seguida, após os dados organizados, alguns pré-requisitos estatísticos foram verificados antes do início das análises, para assegurar que o comportamento das variáveis analisadas fosse considerado confiáveis, dentre eles a verificação de outliers, o teste de normalidade dos resíduos, o teste de multicolinearidade, a especificação do modelo, a heterocedasticidade e autocorrelação. A análise de outliers foi necessária para verificar a

existência de valores extremos que são muito distantes ou discrepantes em relação ao restante das observações, pois essa característica pode distorcer os valores estimados da realidade.

Para verificar se a distribuição dos resíduos era normal, o teste de normalidade Shapiro-Wilk foi utilizado. Já a realização do teste de multicolinearidade foi utilizado para verificar a existência de uma relação linear perfeita entre as variáveis explanatórias de regressão. Nesse caso, a análise da Inflação da Variância (VIF) foi feita para testar possíveis problemas de multicolinearidade. O teste de especificação de RESET de Ramsey, também foi realizado para conferir se havia variáveis omitidas que podiam influenciar no modelo (Gujarati; Porter, 2011).

Em relação à regressão linear, o modelo clássico pode prever que os termos de erro que aparecem na função devem ser homocedásticos, ou seja, ter a mesma variância e não existir autocorrelação nos termos de erro. Assim, para verificar a presença de heterocedasticidade nos resíduos, o teste de Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) foi utilizado (Gujarati; Porter, 2011).

Com o intuito de investigar a relação das variáveis independentes, que são os fatores climáticos (PrecipTt; RadGlob; TempMx; TempMn; UmidRel; VentVel), sobre as variáveis dependentes, os custos de produção do milho (CV: OpMáq3; MO; Semet; Fertz; Agtx e CF: Depre3; MaBenInst; EncSoc) em todos os municípios da amostra conjuntamente, foi realizado a análise da regressão linear múltipla. O modelo de regressão múltipla utilizado é apresentado a seguir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1.X_{1i} + \beta_2.X_{2i} + \beta_k.X_{ki} + u_i$$

- Y : fenômeno em estudo (variável dependente quantitativa métrica)
- β_0 : intercepto (constante, ou coeficiente linear)
- β_j : coeficientes angulares ou de regressão
- X_j : variáveis explicativas (métricas ou dummies)
- u : termo de erro (diferença entre o valor real de Y e o valor previsto

de Y por meio do modelo, para cada observação)

- $i = 1, 2, 3, \dots, n$ representa cada uma das observações da amostra.

Procedeu-se a análise de regressão, agrupando os dados em fases vegetativas e reprodutivas das duas safras de milho (1ª e 2ª) nas cinco regiões geográficas brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul), utilizando os municípios correspondentes da amostra.

O comportamento dos custos de produção influenciado pelos fatores climáticos para todas as regiões (composta pelos municípios da amostra), foi avaliado a partir da análise dos resultados dos valores de significância do teste F de regressão e da significância de cada variável preditora por meio do teste T, além do coeficiente de determinação (R^2).

O teste F de regressão múltipla analisa a existência de relação significativa entre as variáveis e, determina que pelo menos uma das variáveis predictoras ou independentes apresentam significância. Contudo, o teste F não define quais são significativas para influenciar o comportamento da variável (y). Para isso, foi realizado a análise de cada parâmetro da regressão para cada conjunto pareado de dados por meio do teste t. O teste fornece a significância individual da constante (β_0) e dos parâmetros ($\beta_1, \beta_2 \dots \beta_p$) de uma regressão (Favero, 2009).

O estudo adotou o intervalo de confiança de 95%, tanto para o teste F, quanto para o teste t com o nível de decisão ou significância menor que 0,05 ($p < 0,05$). Já a análise do coeficiente de determinação (R^2) representou a proporção da variabilidade ocorrida na variável dependente (y) explicada pelas variáveis independentes (x). Esse coeficiente de ajuste é um valor adimensional que varia de 0 a 1, sendo interpretado como o percentual da variação explicada pelos regressores (Favero, 2009). Portanto, quanto mais próximo o valor de R^2 for de 1, maior é o poder preditivo das variáveis (x) em explicar linearmente as variáveis (y).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise descritiva

4.1.1 Análise dos custos de produção por variável, milho 1ª e 2ª safra

Nesta seção, apresentamos os custos associados a fase de lavoura, denominados pela Conab como “Despesas de Custeio da Lavoura”, assim como Depreciações e Outros Custos Fixos. Esta análise é fundamental para entender a estrutura de custos e tomar decisões informadas sobre a gestão da produção. A tabela 3 a seguir mostra uma análise dos custos de produção por variável.

Tabela 3 - Análise dos custos de produção milho 1ª safra por variável

Custos	Média (\$)	Desvio Padrão (\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	CV (%)
OpMáq	319,52	171,8	-	889,85	53,77
MO	137,47	161,64	4,2	606,11	117,58
Semet	946,41	349,67	284,76	1985,2	36,95
Fertz	2215,32	1203,52	713,83	8024,49	54,33
Agtx	583,31	307,15	75,32	1329,29	52,66
Depre3	413,29	214,75	-	1266,2	51,96
MaBenInst	89,06	103,1	-	472,96	115,76
EncSoc	79,86	211,19	-	1274,86	264,45

CV: Coeficiente de Variação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Conforme apresentado na Tabela 3, observa-se que as variáveis de custeio que apresentaram as maiores médias são: Fertz, Semet e Agtx com, R\$ 2.215,32, R\$ 946,41 e R\$ 583,31 de custo, respectivamente. Uma das razões para essas médias elevadas pode estar relacionada ao fato de que esses insumos são mais suscetíveis a variações cambiais e flutuações externas. Por outro lado, a variável EncSoc demonstrou a menor média dos custos, com R\$ 79,86.

Sobre a amplitude das variações entre os custos, a variável Fertz apresentou o maior valor máximo com R\$ 8.024,49. Entretanto, o menor valor mínimo observado a variável MO, atingindo R\$ 4,20, que possivelmente pode estar associado a uma maior mecanização na cultura. As variáveis OpMáq, Depre3, MaBenInst e EncSoc não

apresentaram valores mínimos.

Ao considerar o CV dos custos (razão percentual entre o desvio-padrão e a média dos dados), observa-se que a variável EncSoc apresentou o maior coeficiente de variação, o qual foi estimado em 264,45%. Por outro lado, a variável Semet, exibiu e o menor coeficiente de variação (36,95%), sugerindo uma maior consistência nos valores. A seguir, a Tabela 4 ilustra os resultados da análise dos custos por variável do milho 2ª safra.

Tabela 4 - Análise dos custos de produção milho 2ª safra por variável

Custos	Média (\$)	Desvio Padrão (\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	CV (%)
OpMáq	265,74	104,95	117,16	600	39,49
MO	50,33	59,27	6,31	249,55	117,76
Semet	721,99	163,52	22,48	1059,04	22,65
Fertz	1196,03	531,5	273,15	4000	44,44
Agtx	556,6	191,98	126,22	1046,21	34,49
Depre3	320,95	157,02	53,98	830,46	48,92
MaBenInst	29,62	34,82	-	139,51	117,56
EncSoc	22,68	31,52	-	194,64	138,98

CV: Coeficiente de Variação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

De igual modo, como na cultura de 1ª safra, as variáveis de custeio, Fertz, Semet e Agtx, exibiram as médias mais elevadas e EncSoc a menor média de custos. É importante mencionar que nas planilhas analisadas de ambas as safras, notavelmente se observou que, os custos com fertilizantes, sementes e agrotóxicos foram os itens mais onerosos na composição do custo total.

Para a amplitude da variação, a variável de custeio Semet apresentou o maior valor máximo, com R\$ 1.059,04 e o custo com MO o menor valor mínimo com, R\$ 6,31 de custos. As variáveis MaBenInst e EncaSoc não apresentaram valores mínimos.

Ao observar o CV dos custos, semelhante a 1ª safra, as variáveis EncSoc e Semet se destacam em maior magnitude de 138,98% e menor 22,65% de variabilidade, respectivamente.

Analisaremos a seguir a composição dos custos totais de produção do milho, considerando tanto a 1ª safra quanto a 2ª safra, nos municípios selecionados para o estudo. A compreensão da composição dos custos variáveis e fixos é importante para

identificarmos quais os municípios que mais impactam os custos totais de produção do milho em cada região.

4.1.2 Análise descritiva dos custos totais de produção do milho 1ª e 2ª safra por município

A análise descritiva dos custos totais de produção do milho 1ª e 2ª safra é obtida pelo somatório dos custos variáveis com operação com máquinas (tratores e colheitadeiras), mão de obra, sementes, fertilizantes e agrotóxicos/defensivos, e os custos fixos com depreciações (de benfeitorias/instalações, máquinas e implementos), manutenção periódica de benfeitorias/instalações e encargos sociais. Os valores descritos nas tabelas abaixo refletem os custos da produção nestes municípios durante o período considerado no estudo (2013 a 2022). A Tabela 5 apresenta a análise descritiva dos Custos Totais de produção do milho 1ª safra por hectare.

Tabela 5 – Análise descritiva dos Custos Totais de produção do milho 1ª safra por hectare

Municípios	Custos	Média (R\$)	Desvio Padrão (\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	CV (%)
Barreiras (BA)	Custos Variáveis	4600,63	1860,35	3080,54	9183,78	38,64
	Custos Fixos	496,56	111,57	335,37	690,25	22,47
	Custos Totais	5097,19	1889,2	3415,91	9874,03	37,06
Rio Verde (GO)	Custos Variáveis	3275,82	238,25	3086,79	3464,86	5,99
	Custos Fixos	393,21	44,93	349,93	436,5	11,43
	Custos Totais	3669,03	241,1	3436,72	3901,36	6,57
Balsas (MA)	Custos Variáveis	3782,1	414,32	3286,44	4372,54	10,25
	Custos Fixos	371,34	46,15	326,66	445,8	12,43
	Custos Totais	4153,44	433,71	3613,1	4818,34	10,44
Unai (MG)	Custos Variáveis	4654,71	782,76	3275,4	5472,09	15,73
	Custos Fixos	741,84	624,85	189,68	2023,93	84,23
	Custos Totais	5396,55	1357,05	3465,08	7496,02	25,15
Chapadão do Sul (MS)	Custos Variáveis	3561,34	604,09	2554,99	4238,96	15,67
	Custos Fixos	678,16	520,6	259,51	1695,52	76,77
	Custos Totais	4239,5	1078,74	2814,5	5934,48	25,44
Primavera do Leste (MT)	Custos Variáveis	3314,55	-	3314,55	3314,55	-
	Custos Fixos	1200,87	-	1200,87	1200,87	-
	Custos Totais	4515,42	-	4515,42	4515,42	-
Uruçuí (PI)	Custos Variáveis	4009,3	1069,44	3125,03	5538,32	23,52
	Custos Fixos	845,32	284,68	560,29	1304,44	33,68
	Custos Totais	4854,62	1227,85	3685,32	6842,76	25,29
Boa Vista (RR)	Custos Variáveis	4764,64	1221,51	3396,77	6701,37	23,98
	Custos Fixos	430,3	271,14	50,89	886,13	63,01
	Custos Totais	5194,94	1413,78	3447,66	7587,5	27,21
Passo Fundo São Luiz Gonzaga Canguçu (RS)	Custos Variáveis	3629,7	1810,01	1541,94	8103,83	48,58
	Custos Fixos	607,7	255,08	328,91	1231,68	41,97
	Custos Totais	4237,4	2018,48	1870,85	9335,51	47,63
Campos Novos (SC)	Custos Variáveis	8366,94	2404,60	6750,1	11825,73	25,35
	Custos Fixos	1015,66	202,6	783,09	1275,25	19,95
	Custos Totais	9382,6	2323,26	7533,19	13100,98	24,76
Carira (SE)	Custos Variáveis	2269,84	745,57	1657,5	3291,38	28,97
	Custos Fixos	142,94	60,24	61,18	203,01	42,14

	Custos Totais	2412,78	717,78	1718,68	3494,39	29,75
CV: Coeficiente de Variação.						
Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.						

Conforme apresentado na Tabela 5, observa-se que o município de Campos Novos apresentou a maior média dos custos totais, com R\$ 9.382,60 de custos, custos variáveis em média de R\$ 8.366,94 e custos fixos em média de R\$ 1.015,66, demonstra também o maior valor máximo nos custos totais, atingindo R\$ 13.100,98 de custos. Isso indica que, em determinados anos ou condições específicas, os custos totais desse município podem alcançar níveis mais elevados em comparação com outros estados.

Por outro lado, o município de Carira exibiu a menor média e menor valor mínimo nos custos totais, com R\$ 2.412,78 e R\$ 1.718,68, respectivamente. Esse estado demonstrou uma menor amplitude nos custos totais, indicando uma relativa consistência ao longo dos anos analisados. Essa estabilidade pode estar relacionada a gestão de recursos ou práticas agrícolas consistentes.

O coeficiente de variação (CV) é uma medida que expressa a variabilidade relativa de um conjunto de dados em relação à média, sendo especialmente útil na análise dos custos de produção da cultura para comparar a dispersão dos valores entre os municípios.

Ao analisar o CV dos custos totais, nota-se que os municípios Passo Fundo, São Luiz Gonzaga e Canguçu, ambos no estado do Rio Grande do Sul, apresentou o maior coeficiente de variação, 47,63 %. Isso indica que, em relação à média, os custos totais desses municípios têm uma maior variabilidade percentual. Essa variação pode ser atribuída a uma série de fatores, como condições climáticas, flutuações no mercado (tanto interno quanto externo) e investimentos em infraestrutura, entre outros.

Por outro lado, o município de Rio Verde, exibiu o menor coeficiente de variação nos custos totais, registrando 6,57 %. Isso sugere que os custos totais desse município têm uma variabilidade percentual menor em relação à média, indicando uma maior estabilidade ou consistência nos valores.

É importante salientar que, no município de Primavera do Leste, não foi possível a obtenção de valores para o desvio padrão e coeficiente de variação devido a presença de poucos dados na amostra, a produção de milho 1ª safra se encerrou no ano de 2013, e a partir de 2014 o custo passou a ser de 2ª Safra.

As diferenças nos coeficientes de variação entre os municípios ressaltam a complexidade das influências regionais que afetam os custos de produção. Municípios com maiores coeficientes de variação podem estar mais suscetíveis a mudanças econômicas,

climáticas ou outras influências, enquanto que, municípios com coeficientes de variação menores podem experimentar uma maior previsibilidade nos custos.

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise dos custos totais do milho 2ª safra.

Tabela 6 – Análise descritiva dos Custos Totais de produção do milho 2ª safra por hectare

Municípios	Custos	Média (R\$)	Desvio Padrão (\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	CV (%)
Rio Verde Cristalina (GO)	Custos Variáveis	2805,34	1028,99	1092,6	5115,72	36,68
	Custos Fixos	343,31	89,45	195,91	538,3	26,06
	Custos Totais	3148,65	1118,44	1288,51	5654,02	35,52
Balsas (MA)	Custos Variáveis	2504,3	568,14	1942,78	3252,79	22,69
	Custos Fixos	490,04	32,8	449,93	527,85	6,69
	Custos Totais	2994,34	600,94	2392,71	3780,64	20,07
Unaí Caldas (MG)	Custos Variáveis	3610,98	1393,6	1994,51	6732,94	38,59
	Custos Fixos	601,4	267,84	288,69	1083,73	44,54
	Custos Totais	4212,38	1661,44	2283,2	7816,67	39,44
Chapadão do Sul Dourados (MS)	Custos Variáveis	2781,93	910,4	1699,36	4970,74	32,73
	Custos Fixos	319,73	175,69	84,09	594,92	54,95
	Custos Totais	3101,66	1086,09	1783,45	5565,66	35,02
Primavera do Leste Campo Verde Campo Novo do Parecis Sorriso (MT)	Custos Variáveis	2674,37	740,43	1154,49	5050,45	27,69
	Custos Fixos	377,47	148,32	123,18	799,59	39,29
	Custos Totais	3051,84	888,75	1277,67	5850,04	29,12
Vilhena (RO)	Custos Variáveis	2387,37	215,09	2147,18	2690,34	9,01
	Custos Fixos	201,7	127,15	89,07	420,01	63,04
	Custos Totais	2589,07	342,24	2236,25	3110,35	13,22
Pedro Afonso (TO)	Custos Variáveis	2390,47	571,1	1759,46	3565,35	23,89
	Custos Fixos	187,12	29,34	153,92	240,82	15,68
	Custos Totais	2577,59	600,44	1913,38	3806,17	23,29

CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na Tabela 6, observa-se que os municípios de Unaí e Caldas, ambos no estado de Minas Gerais, apresentaram a maior média dos custos totais de produção de milho 2ª safra, com R\$ 4.212,38 de custo, custos variáveis em média R\$ 3.610,98 e custos fixos em média R\$ 601,40. Por outro lado, o município de Pedro Afonso exibiu a menor média dos custos totais, com R\$ 2.577,59.

Para a amplitude da variação dos custos, estes mesmos municípios (Unaí e Caldas) apresentaram o maior valor máximo nos custos totais, atingindo R\$ 7.816,67 e também apresentaram o maior coeficiente de variação, R\$ 39,44. Já os municípios de Primavera do Leste, Campo Verde, Campo Novo do Parecis e Sorriso, no estado do Mato Grosso, apresentaram o menor valor mínimo nos custos totais, registrando R\$ 1.277,67 de custo.

O município de Vilhena exibe o menor coeficiente de variação nos custos totais, registrando 13,22%. Enquanto Unaí e Caldas demonstram uma maior variabilidade relativa nos custos, Vilhena exibe uma menor variabilidade ao longo do tempo. Estas variações

podem estar relacionadas às diferenças nas práticas agrícolas e nas condições geográficas entre essas regiões.

Analisaremos a seguir como as condições climáticas variam entre os municípios e como esses fatores podem influenciar os custos de produção do milho. Essa análise nos ajudará a identificar tendências e padrões importantes que podem orientar as práticas de manejo nas futuras safras de milho.

4.1.3 *Análise descritiva dos fatores climáticos para a cultura do milho 1ª e 2ª safra por municípios*

Nas tabelas a seguir, serão demonstrados os resultados das análises descritivas dos fatores climáticos (PrecipTt: Precipitação Total; RadGlob: Radiação Global; UmidRel: Umidade Relativa do ar; VentVel: Vento Velocidade; TempMx: Temperatura Máxima e TempMn: Temperatura Mínima.), segregada pelos municípios que compõem a amostra. Os dados das variáveis climáticas foram coletados de acordo com o ciclo de produção, milho primeira safra, de out./X0 a mar./X1 e segunda safra, de mar./X0 a jul./X0 (sendo X0 o ano do plantio e X1 o ano seguinte).

A Tabela 7, apresenta a análise descritiva dos fatores climáticos, do período da cultura de milho 1ª safra para os municípios da amostra. Esta análise permite uma visão aprofundada das condições climáticas que afetam diretamente a produção de milho nas diferentes regiões.

Tabela 7 – Análise descritiva dos fatores climáticos – milho 1ª safra

Municípios	Fator Climático	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
Barreiras (BA)	PrecipTt (mm)	2,74	1,07	0,62	4,82	39,05
	RadGlob (kJ/m ²)	1629,57	166,41	1162,02	1971,74	10,21
	UmidRel (%)	66,7	14,39	34,53	86,92	21,57
	VentVel (m/s)	1,58	0,49	0,49	2,63	31,01
	TempMx (°C)	27,62	1,86	25,1	31,42	6,73
	TempMn (°C)	26,17	1,63	23,99	29,51	6,23
Rio Verde (GO)	PrecipTt (mm)	1,91	0,91	0,41	3,53	47,64
	RadGlob (kJ/m ²)	1555,38	196,86	1253,22	1994,71	12,66
	UmidRel (%)	69,68	9,79	50,54	81,47	14,05
	VentVel (m/s)	2,21	0,23	1,86	2,68	10,41
	TempMx (°C)	24,83	1,01	23,44	26,47	4,07
	TempMn (°C)	23,3	0,83	22,16	24,59	3,56
	PrecipTt (mm)	3,13	1,6	0,45	9,36	51,12
	RadGlob (kJ/m ²)	1480,78	133,37	1243,34	1822,34	9,01

Balsas (MA)	UmidRel (%)	69,23	12,35	34,72	84,01	17,84
	VentVel (m/s)	1,44	0,41	0,93	2,9	28,47
	TempMx (°C)	27,74	1,73	25,31	33,79	6,24
	TempMn (°C)	26,36	1,49	24,18	31,68	5,65
Unai (MG)	PrecipTt (mm)	2,49	0,83	0,83	4,65	33,33
	RadGlob (kJ/m ²)	1648,68	177,28	1223,19	1976,89	10,75
	UmidRel (%)	66,89	12,26	42,27	83,14	18,33
	VentVel (m/s)	1,79	0,26	1,44	2,36	14,53
	TempMx (°C)	26,04	1,41	24,03	29,23	5,41
	TempMn (°C)	24,55	1,19	22,94	27,17	4,85
Chapadão do Sul (MS)	PrecipTt (mm)	2,89	1,69	1,15	10,3	58,48
	RadGlob (kJ/m ²)	1508,18	117,08	1259,07	1874,86	7,76
	UmidRel (%)	72,57	7,15	52,89	82,97	9,85
	VentVel (m/s)	2,46	0,31	1,7	3,03	12,6
	TempMx (°C)	24,34	0,77	22,66	26,13	3,16
	TempMn (°C)	22,99	0,69	21,63	24,6	3
Uruçuí (PI)	PrecipTt (mm)	3,62	1,7	0,4	6,28	46,96
	RadGlob (kJ/m ²)	1580,7	207,68	1216,02	2096,68	13,14
	UmidRel (%)	63,54	13,11	45,89	81,56	20,63
	VentVel (m/s)	1	0,27	0,53	1,38	27
	TempMx (°C)	27,61	1,62	25,61	29,51	5,87
	TempMn (°C)	26,12	1,36	24,34	27,64	5,21
Boa Vista (RR)	PrecipTt (mm)	2,24	1,34	0,2	4,96	59,82
	RadGlob (kJ/m ²)	1620,67	113,61	1401,39	1842,63	7,01
	UmidRel (%)	62,24	5,34	49,78	71,97	8,58
	VentVel (m/s)	2,08	0,4	1,53	2,93	19,23
	TempMx (°C)	29,04	0,88	27,18	30,77	3,03
	TempMn (°C)	27,75	0,81	26	29,47	2,92
Passo Fundo São Luiz Gonzaga Canguçu (RS)	PrecipTt (mm)	2,24	0,77	0,66	5	34,38
	RadGlob (kJ/m ²)	1447,37	185,83	929,07	1879,3	12,84
	UmidRel (%)	74,23	6	56,22	84,37	8,08
	VentVel (m/s)	3,76	0,67	2,6	5,2	17,82
	TempMx (°C)	20,76	2,23	15,58	27,4	10,74
	TempMn (°C)	19,47	2,15	14,54	25,81	11,04
Campos Novos (SC)	PrecipTt (mm)	2,61	0,83	1,07	4,54	31,8
	RadGlob (kJ/m ²)	1470,01	192,33	1104,79	1773,53	13,08
	UmidRel (%)	75,36	4,9	67,47	86,06	6,5
	VentVel (m/s)	3,61	0,44	2,76	4,17	12,19
	TempMx (°C)	20,06	1,74	16,74	22,77	8,67
	TempMn (°C)	18,73	1,69	15,62	21,47	9,02
Carira (SE)	RadGlob (kJ/m ²)	2013,87	144,32	1767,16	2245,12	7,17
	UmidRel (%)	74,16	3,16	68,71	79,17	4,26
	VentVel (m/s)	2,72	1,5	-	4,17	55,15
	TempMx (°C)	27,08	0,77	25,85	28,04	2,84

	TempMn (°C)	25,48	0,83	24,2	26,59	3,26
--	-------------	-------	------	------	-------	------

CV: Coeficiente de Variação.
 Variáveis Climáticas:
 PrecipTt - Precipitação Total; RadGlob - Radiação Global; UmidRel - Umidade Relativa do ar;
 VentVel - Vento Velocidade; TempMx - Temperatura Máxima; TempMn - Temperatura Mínima.
 Fonte: elaborada pela autora (2023).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, para a variável **precipitação**, a maior média ocorreu no município de Urucuí com 3,62 mm para o período de análise. A menor média foi apresentada no município de Rio Verde com precipitação média de 1,91 mm e o menor valor do período foi registrado no município de Boa Vista, com mínimo de 0,2 mm. O valor máximo ocorreu no município Chapadão do Sul, com a máxima de 10,3 mm. Os dados para essa variável foram mais homogêneos no município de Campos Novos (CV = 31,8%).

A maior média para a variável **Radiação Global** foi alcançada no município de Carira, com 2013,87 kJ/m². Em contrapartida, a menor média foi apresentada nos municípios de Passo Fundo, São Luiz Gonzaga e Canguçu, ambos no estado do Rio Grande do Sul, com 1447,37 kJ/m² de Radiação Global média no período, e o menor valor dessa variável foi também observada nestes municípios com 929,07 kJ/m². Os municípios de Boa Vista e Carira registraram os menores valores de CV (7,01% e 7,17%), e dessa maneira, apresentaram os dados mais homogêneos dentre os valores de Radiação Global.

Com relação aos dados da variável **umidade relativa do ar**, pode-se perceber que a maior média foi observada no município de Campos Novos com 75,36%. Com relação a menor média, o município de Boa Vista apresentou 62,24%. O município de Barreiras registrou o maior valor máximo de umidade relativa do ar, 86,92%. Quanto ao CV, Carira apresentou dados mais homogêneos dentre os valores de umidade relativa do (4,26%).

Já os índices sobre a variável **velocidade do vento**, o município de Urucuí foi o que apresentou a menor média, com 1 m/s. Em compensação, a maior média foi observada nos municípios de Passo Fundo, São Luiz Gonzaga e Canguçu, com 3,76 m/ e apresentou também o maior valor máximo, com 5,2 m/s. Ainda segundo os dados, o município de Barreira registrou o menor valor mínimo, com 0,49 m/s. Percebe-se que o município de Rio Verde apresentou os dados mais homogêneos (CV=10,41%).

Quanto a variável **temperatura máxima**, o município de Boa Vista apresentou a maior média, com 29,04 °C e os municípios de Passo Fundo, São Luiz Gonzaga e Canguçu apresentaram o menor valor mínimo de 15,58 °C. Em compensação, o município de Balsas foi o que apresentou maior índice de temperatura, com 33,79 °C. Quanto ao valor CV, o município de Carira apresentou o menor valor (CV = 2,84%).

Por fim, para variável **temperatura mínima**, o município de Boa Vista apresentou a maior média, com 27,75 °C e o município de Campos Novos a menor média 18,73 °C. Já o município de Balsas apresentou o maior valor máximo, com 31,68 °C, enquanto que os municípios de Passo Fundo, São Luíz Gonzaga e Canguçu apresentaram o menor valor mínimo 14,54°. Por outro lado, o município de Boa Vista apresentou o menor valor de CV, com 2,92%.

É importante mencionar que não havia registros disponíveis de dados climáticos para a cidade de Primavera do Leste, localizada no estado de Mato Grosso, no banco de dados meteorológicos do INMET. A produção de milho na região, anteriormente classificada como 1ª safra, encerrou-se no ano de 2013 e, a partir de 2014, passou a ser considerada como 2ª safra. Por esse motivo, este município não será incluído nesta análise específica. Além disso, a variável PrecipTt não foi incluída na análise do município Carira (SE) devido à falta de dados climáticos disponíveis.

A Tabela 8 apresenta a análise descritiva dos fatores climáticos do período da cultura do milho 2ª safra, para os municípios da amostra.

Tabela 8 – Análise descritiva dos fatores climáticos – milho 2ª safra

Município	Fator Climático	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
Rio Verde Cristalina (GO)	PrecipTt (mm)	1,73	1,68	-	6,93	97,11
	RadGlob (kJ/m ²)	1532,76	332,17	667,9	3040,67	21,67
	UmidRel (%)	65,21	10,43	36	84	15,99
	VentVel (m/s)	2,08	0,71	1,18	5,23	34,13
	TempMx (°C)	22,76	2,28	18,84	29,8	10,02
	TempMn (°C)	21,16	2,15	17,43	26,82	10,16
Balsas (MA)	PrecipTt (mm)	2,76	0,56	1,96	3,28	20,29
	RadGlob (kJ/m ²)	1537,56	86,62	1467,23	1645,85	5,63
	UmidRel (%)	73,63	11,81	53,33	81,1	16,04
	VentVel (m/s)	1,41	0,25	1,26	1,84	17,73
	TempMx (°C)	27,23	0,88	26,57	28,64	3,23
	TempMn (°C)	25,87	0,52	25,43	26,62	2,01
Unai Caldas (MG)	PrecipTt (mm)	1,59	1,17	0,2	4,67	73,58
	RadGlob (kJ/m ²)	1482,41	176,53	1036,57	1866,48	11,91
	UmidRel (%)	71,05	8,48	49,93	84,19	11,94
	VentVel (m/s)	1,46	0,27	0,97	2,46	18,49
	TempMx (°C)	21,45	3,42	12,78	25,83	15,94
	TempMn (°C)	19,8	3,53	10,92	24,32	17,83
Chapadão do Sul Dourados (MS)	PrecipTt (mm)	2,49	2,25	-	10,3	90,36
	RadGlob (kJ/m ²)	1454,3	142,73	1214,6	1959,3	9,81
	UmidRel (%)	66,51	10,91	31,2	80,3	16,40
	VentVel (m/s)	2,36	0,33	1,85	3,32	13,98

	TempMx (°C)	22,74	2,84	12,33	29,28	12,49
	TempMn (°C)	21,36	2,88	10,54	28,14	13,48
Primavera do Leste Campo Verde Campo Novo do Parecis Sorriso (MT)	PrecipTt (mm)	2,14	1,87	-	9,47	87,38
	RadGlob (kJ/m ²)	1318,48	246,73	-	2789,7	18,71
	UmidRel (%)	69,81	14,1	-	88,14	20,20
	VentVel (m/s)	2,15	0,59	-	3,5	27,44
	TempMx (°C)	24,78	2,28	-	30,25	9,20
	TempMn (°C)	23,43	2,2	-	28,29	9,39
Vilhena (RO)	PrecipTt (mm)	2,36	1,41	-	4,74	59,75
	RadGlob (kJ/m ²)	1374,1	124,83	1186,48	1723,1	9,08
	UmidRel (%)	71,07	11,71	38,36	83,61	16,48
	VentVel (m/s)	1,63	0,55	0	2,56	33,74
	TempMx (°C)	24,88	1,07	22,63	28,91	4,30
	TempMn (°C)	23,65	1	21,42	27,13	4,23
Pedro Afonso (TO)	PrecipTt (mm)	2,55	1,43	0,2	5,8	56,08
	RadGlob (kJ/m ²)	1626,26	275,68	1045,98	2633,43	16,95
	UmidRel (%)	71,53	10,25	35,3	83,6	14,33
	VentVel (m/s)	1,15	0,28	0,73	1,97	24,35
	TempMx (°C)	27,7	1,32	26,14	33,02	4,77
	TempMn (°C)	26,34	1,09	24,46	30,47	4,14

CV: Coeficiente de Variação.

Variáveis Climáticas:

PrecipTt - Precipitação Total; RadGlob - Radiação Global; UmidRel - Umidade Relativa do ar; VentVel - Vento Velocidade; TempMx - Temperatura Máxima; TempMn - Temperatura Mínima.

Fonte: elaborada pela autora (2023).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 8, a menor média de **precipitação** ocorreu nos municípios de Unai e Caldas, com média de 1,59 mm. Estes mesmos municípios juntamente com o município de Pedro Afonso registraram os menores valores do período, com valor mínimo, em ambos, igual a 0,2 mm. O município de Balsas apresentou os dados mais homogêneos (CV= 20,29%) e também a maior média de 2,76 mm. Já os municípios de Chapadão do Sul e Dourados apresentaram o valor máximo de 10,3 mm de precipitação durante a produção.

Ainda segundo os dados, para a variável **Radiação Solar**, a maior média ocorreu no município de Pedro Afonso com 1626,26 kJ/m² para o período de análise. O município de Rio Verde e Cristalina apresentaram o menor valor mínimo de Radiação Solar com 667,9 kJ/m² e também o maior valor máximo do período com 3040,67 kJ/m². Os dados para essa variável foram mais homogêneos no município de Balsas (CV = 5,63%).

A maior média de **umidade relativa do ar** foi alcançada também por este município, com média de 73,63%. Em contrapartida, o menor valor mínimo foi apresentado pelos municípios de chapadão do Sul e Dourados com 31,2% no período, e o maior valor máximo

dessa variável foi observado nos municípios de Primavera do Leste, Campo Verde, Campo Novo do Parecis e Sorriso com 88,14%. Os municípios de Unai e Caldas apresentaram o menor valor de CV (11,94%), dessa forma, apresentou os dados mais homogêneos dentre os valores de umidade relativa do ar.

Nos municípios de Chapadão do Sul e Dourados ocorreu a maior média no período de análise com 2,36 m/s de **velocidade do vento** e o maior valor máximo alcançado, com 5,23 m/s nos municípios de Rio Verde e Cristalina. Enquanto que, o município de Pedro Afonso apresentou o menor valor mínimo 0,73 m/s. Quanto ao CV, os municípios de Mato Grosso do Sul se destacaram com dados mais homogêneos (13,98%).

Quanto as variáveis de **temperatura máxima e mínima**, a menor média da temperatura ocorreu nos municípios de Unai e caldas, com média de 21,45 °C e 19,8 °C, respectivamente. O menor valor mínimo demonstrado, com 12,33 °C de máxima e 10,54 °C de mínima, nos municípios de Chapadão do Sul e Dourados. Já o maior valor máximo foi apresentado no município de Pedro Afonso, com índice 33,02 °C e 30,47 °C para ambas as temperaturas. Com relação ao valor CV, o município de Balsas apresentou o menor valor, com 3,23 de temperatura máxima e 2,01% de temperatura mínima.

A estatística descritiva é importante na análise de resultados, mas a presença de alta variabilidade nos dados, notável nos coeficientes de variação, é um ponto relevante. Essa significativa diversidade pode indicar que as variáveis analisadas têm comportamentos que variam consideravelmente ao longo do tempo ou em diferentes circunstâncias. Essa variabilidade considerável nos coeficientes de variação sugere que ela pode contribuir para a não significância de muitos resultados nos modelos de regressão, o que, por sua vez, limita a capacidade desses modelos de prever e explicar os fenômenos estudados.

A fim de entender melhor como as condições climáticas podem impactar os custos na produção do milho, apresentaremos a seguir as análises que destacam as correlações entre as variáveis de custo de produção e as variáveis climáticas relevantes para ambas as safras. Essa análise nos ajudará a identificar tendências e padrões importantes que podem orientar as práticas de manejo da cultura.

4.1.4 Análise de Correlação

Ao retornar aos objetivos delineados nesta pesquisa, com foco na compreensão do comportamento dos custos nas fases de produção do milho em relação aos fatores climáticos nas principais regiões produtoras do Brasil, revelou-se um desafio complexo e

relevante. A análise descritiva proporcionou uma visão inicial abrangente, destacando padrões e tendências nos dados coletados.

No entanto, para aprofundar a compreensão dessas relações e identificar possíveis interdependências, a utilização da análise de correlação se mostra essencial não apenas para identificar associações entre os custos de produção e os fatores climáticos, mas também quantificar e avaliar a direção e a força dessas relações.

Diante disso, nesta seção serão apresentados os principais resultados das correlações entre as variáveis climáticas (Precipitação Total, Radiação Global, Temperatura Máxima e Mínima, Umidade relativa do ar e Vento Velocidade) e os principais componentes do custo de produção do milho de 1ª e 2ª safra (Operação com Máquinas, Mão de Obra, Sementes, Fertilizantes, Agrotóxicos/Defensivos, Depreciação de Benfeitorias e Instalações, Depreciação com Máquinas e Depreciação de Implementos, Manutenção Periódica de Benfeitorias e Instalações e Encargos Sociais) para os principais municípios produtores.

A seguir, as tabelas destacam essas correlações, inicialmente para o milho 1ª safra e seus respectivos municípios produtores. Posteriormente, apresenta-se a análise referente à 2ª safra, incluindo os municípios produtores específicos dessa safra. É importante destacar que os coeficientes com um valor-p menor que 0,05 foram considerados estatisticamente relevantes, estando destacados em negrito nas tabelas.

4.1.4.1 Análise de correlação milho 1ª safra

4.1.4.1.1 Operação com máquinas

A Tabela 9, apresenta os resultados da análise de correlação linear simples entre o custo de produção de operação com máquinas (tratores e colheitadeiras) (OpMáq), e as variáveis climáticas por estádios fenológicos. Esta análise tem como objetivo explorar as possíveis relações entre ambos.

Tabela 9 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo OpMáq e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	r	-0,06	-0,40	0,26	0,10	-0,37	-0,37
VE até V10	sig.	0,672	0,002	0,041	0,466	0,003	0,003
V14 até VT	r	-0,02	0,03	-0,14	0,16	-0,37	-0,37
	sig.	0,906	0,835	0,276	0,210	0,003	0,003
R1 até R2	r	0,08	-0,06	-0,12	0,11	-0,23	-0,24

	sig.	0,567	0,635	0,331	0,408	0,066	0,054
R3 até R4	<i>r</i>	0,05	-0,28	0,15	0,15	-0,42	-0,41
	sig.	0,758	0,041	0,288	0,281	0,002	0,002
R5 até R6	<i>r</i>	-0,06	-0,03	-0,05	0,12	-0,34	-0,33
	sig.	0,661	0,817	0,719	0,403	0,012	0,013
Colheita	<i>r</i>	-0,13	-0,19	-0,07	0,15	-0,30	-0,30
	sig.	0,374	0,156	0,616	0,262	0,025	0,022

r: Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Como podemos observar na Tabela 9, no primeiro estágio fenológico vegetativo da produção do milho 1ª safra, Semeadura e VE até V10 (emergência até a décima folha), a variável de custo de produção OpMáq se correlacionou positivamente com a variável UmidRel (0,26). Por outro lado, nota-se correlações negativas com as variáveis RadGlo (-0,40), TempMx (-0,37) e TempMn (-0,37). Este mesmo índice de correlação negativa de TempMx (-0,37) e TempMn (-0,37) é identificado no segundo estágio fenológico V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento).

Essa situação sugere que a diminuição da radiação solar e das temperaturas, e o aumento da umidade podem criar um ambiente favorável ao crescimento de plantas daninhas, pragas e doenças. Regular o desenvolvimento dessas plantas nessa fase vegetativa é essencial para reduzir a competição por luz, água e nutrientes (Embrapa, 2015). Isso implica que, os gastos associados à operação de máquinas tendem a aumentar.

No estágio fenológico reprodutivos R3 até R4 (grão leitoso até grão pastoso), a variável de custo se correlacionou negativamente com a variável RadGlob (-0,28), TempMx (-0,42) e TempMn (-0,41). Nota-se também correlações negativas consistentes de TempMx (-0,34) e TempMn (-0,33) nos estádios R5 até R6 (formação de dente até maturidade fisiológica), e na fase de colheita TempMx (-0,30) e TempMn (-0,30).

Essas correlações negativas consistentes na fase reprodutiva sugerem que temperaturas mais altas e maior radiação solar, sem períodos nublados, tendem a favorecer o processo de fotossíntese. Isso resulta em um crescimento mais saudável das plantas de milho. Além disso, durante a maturação, os grãos de milho atingem seu maior peso seco, e a umidade dos grãos continua a diminuir até estarem maduros e prontos para a colheita.

Esse cenário, potencialmente, está associado a uma redução nos custos operacionais relacionados às máquinas agrícolas (Magalhães e Souza, 2015).

4.1.4.1.2 Mão de Obra

A Tabela 10, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com mão de obra (MO), e as variáveis climáticas.

Tabela 10 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MO e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	r	-0,24	-0,39	0,60	0,77	-0,68	-0,69
	sig.	0,070	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V14 até VT	r	-0,44	0,41	0,06	0,80	-0,60	-0,61
	sig.	<0,001	<0,001	0,621	<0,001	<0,001	<0,001
R1 até R2	r	-0,31	0,38	-0,06	0,76	-0,49	-0,52
	sig.	0,016	0,003	0,646	<0,001	<0,001	<0,001
R3 até R4	r	-0,01	-0,03	0,22	0,66	-0,38	-0,40
	sig.	0,922	0,808	0,114	<0,001	0,005	0,003
R5 até R6	r	0,09	0,10	0,14	0,65	-0,48	-0,48
	sig.	0,525	0,463	0,305	<0,001	<0,001	<0,001
Colheita	r	-0,24	-0,29	0,16	0,65	-0,56	-0,56
	sig.	0,091	0,027	0,234	<0,001	<0,001	<0,001

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Os resultados da análise mostram que durante a Semeadura e no estágio VE até V10 (emergência até a décima folha), a variável MO apresentou uma correlação positiva com UmidRel (0,60) e VentVel (0,77), mas correlações negativas com RadGlob (-0,39), TempMx (-0,68) e TempMn (-0,69).

A situação destaca que a diminuição da radiação solar, das temperaturas e o aumento da umidade podem propiciar o crescimento de plantas daninhas e doenças. Nesse contexto, torna-se imprescindível o acompanhamento e controle para combater esses invasores, bem como a aplicação de adubações, já que a planta requer nutrientes nessa fase. Quando combinado com ventos excessivos, esse cenário resultaria em um aumento nos custos relacionados tanto à mão de obra quanto ao maquinário (Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016).

Ainda na fase vegetativa, no estágio V14 até VT (décima quarta folha até o Pendoamento), foram observadas correlações positivas da variável de custo com RadGlob (0,41) e VentVel (0,80). No entanto, houve correlações negativas com PrecipTt (-0,44), TempMx (-0,60) e TempMn (-0,61).

Em continuidade, no Estádio Fenológico R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água), os resultados revelaram que a variável MO apresentou correlação negativa com PrecipTt (-0,31), TempMx (-0,49) e TempMn (-0,52), enquanto houve correlações positivas com RadGlob (0,38) e VentVel (0,76).

Observa-se que nos estádios V14 até VT e R1 até R2, a redução da precipitação, acompanhada pelo aumento da temperatura, da radiação solar e o acréscimo na velocidade do vento, tende a gerar um aumento nos custos relacionados à mão de obra. É perceptível que, diante do déficit hídrico, as plantas ficam expostas a temperaturas elevadas. Essa situação nestas fases em específico, combinada com níveis mais altos de radiação solar, leva a um aumento na evapotranspiração, agravando ainda mais os efeitos da falta de água nas plantas (Souza; Barbosa, 2015). Considerando o impacto dessas variáveis no desenvolvimento do milho, seriam necessárias medidas adicionais de manejo para lidar com essa condição.

No Estádio R3 até R4 (grão leitoso até grão pastoso), foi observado que a variável MO se correlacionou positivamente com VentVel (0,66) e negativamente com TempMx (-0,38) e TempMn (-0,40). Essa mesma tendência foi percebida no Estádio R5 até R6 (formação de dente até maturidade fisiológica), com correlação positiva com a variável VentVel (0,65) e correlações negativas com as variáveis TempMx (-0,48) e TempMn (-0,48). Nesses estágios fenológicos, observa-se que os estresses térmicos e seus impactos no desenvolvimento do milho resultam em aumentos nos custos de mão de obra para lidar com essas condições adversas.

Na fase de Colheita, a variável MO apresentou correlação negativa com RadGlob (-0,29), TempMx (-0,56) e TempMn (-0,56), e correlação positiva com VentVel (0,65). Essas correlações podem indicar que o aumento da radiação solar, temperatura e ventos nesse estágio do desenvolvimento das plantas influencia a maturação dos grãos, atingindo sua maior massa seca e estando fisiologicamente maduros para a colheita. Isso pode resultar na redução da necessidade de mão de obra adicional durante a colheita, pois os grãos estariam prontos para serem colhidos.

4.1.4.1.3 Sementes

A Tabela 11, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com sementes (Semet), e as variáveis climáticas.

Tabela 11 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Semet e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	r	0,02	-0,01	-0,10	-0,05	0,01	0,01
VE até V10	sig.	0,860	0,926	0,465	0,723	0,927	0,964
V14 até VT	r	0,13	0,04	-0,09	-0,05	-0,04	-0,05
	sig.	0,319	0,733	0,497	0,703	0,731	0,705
eNCR1 até R2	r	0,25	-0,10	0,08	-0,13	-0,10	-0,10
	sig.	0,052	0,450	0,523	0,306	0,433	0,447
R3 até R4	r	0,31	-0,16	0,12	-0,15	-0,17	-0,15
	sig.	0,031	0,240	0,394	0,270	0,232	0,270
R5 até R6	r	-0,12	0,12	0,12	-0,22	-0,12	-0,11
	sig.	0,410	0,400	0,366	0,107	0,400	0,418
Colheita	r	0,15	0,09	0,03	-0,20	-0,06	-0,06
	sig.	0,288	0,527	0,842	0,147	0,680	0,632

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Na Tabela 11, observamos que, no Estádio R3 até R4, a variável de custo Semet apresentou uma correlação positiva com a variável PrecipTt (0,31). No entanto, é importante notar que essa correlação pode parecer contraintuitiva à primeira vista, considerando a expectativa mais comum de uma relação direta entre o aumento do custo das sementes e uma maior quantidade de precipitação durante as fases iniciais de desenvolvimento, que compreendem da semeadura à emergência.

A explicação para essa aparente discrepância pode residir na complexidade das interações climáticas específicas para o Estádio R3 até R4. Durante esse período, outros fatores climáticos ou de manejo podem estar influenciando a variável Semet, neutralizando a relação esperada entre o custo das sementes e a precipitação. O excesso de precipitação neste estágio em específico, do grão leitoso até grão pastoso, pode gerar condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos ou bactérias causando podridões do colmo em plantas de milho

(Costa; Casela; Cota, 2021), comprometendo outros custos com mão de obra e maquinário para a implementação de medidas de manejo.

4.1.4.1.4 Fertilizantes

A Tabela 12, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com fertilizantes (Fertz), e as variáveis climáticas.

Tabela 12 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Fertz e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	r	-0,01	-0,03	-0,02	-0,21	0,01	0,01
	sig.	0,955	0,794	0,901	0,106	0,930	0,912
V14 até VT	r	-0,03	-0,01	-0,11	-0,10	-0,04	-0,04
	sig.	0,852	0,967	0,413	0,459	0,750	0,766
R1 até R2	r	0,08	-0,12	-0,04	-0,14	0,00	0,01
	sig.	0,557	0,357	0,750	0,286	0,974	0,929
R3 até R4	r	-0,06	-0,12	-0,26	-0,12	0,17	0,19
	sig.	0,692	0,381	0,063	0,374	0,230	0,175
R5 até R6	r	-0,03	0,08	-0,36	-0,15	0,21	0,22
	sig.	0,838	0,570	0,007	0,295	0,123	0,108
Colheita	r	-0,02	0,15	-0,33	-0,13	0,25	0,25
	sig.	0,909	0,259	0,013	0,346	0,061	0,062

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

As correlações negativas entre a variável de custo Fertz e a umidade relativa do ar (UmidRel) nos estádios R5 até R6 (formação de dente até maturidade fisiológica), (-0,36), bem como durante a fase de colheita, (-0,33) indicam uma relação inversa entre essas variáveis, ou seja, conforme a umidade relativa do ar aumenta, os custos com fertilizantes tendem a diminuir. É relevante destacar que não é habitual aplicar fertilizantes nas fases finais do ciclo de cultivo do milho, principalmente na fase de colheita, uma vez que a absorção de nutrientes pela planta ocorre em estágios específicos de seu desenvolvimento.

Conforme observado na pesquisa da Embrapa (2015), essa absorção tem início no estágio vegetativo, quando se define o potencial de grãos, e posteriormente se intensifica na fase reprodutiva, momento em que se atinge a capacidade produtiva da planta. Outro ponto

relevante é que o aumento da umidade próximo à colheita pode afetar negativamente os grãos, tornando-os propensos a ficarem ardidos ou deteriorados.

4.1.4.1.5 Agrotóxicos

A Tabela 13, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com agrotóxicos/defensivos (Agtx), e as variáveis climáticas.

Tabela 13 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Agtx e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	r	-0,10	0,17	-0,38	-0,41	0,24	0,23
	sig.	0,477	0,191	0,003	0,001	0,059	0,072
V14 até VT	r	0,17	-0,33	0,09	-0,36	0,08	0,08
	sig.	0,199	0,009	0,475	0,005	0,547	0,524
R1 até R2	r	0,19	-0,13	0,10	-0,41	0,03	0,04
	sig.	0,142	0,298	0,417	<0,001	0,828	0,772
R3 até R4	r	0,17	0,03	0,07	-0,32	-0,09	-0,08
	sig.	0,256	0,819	0,630	0,020	0,536	0,562
R5 até R6	r	-0,02	0,04	0,02	-0,36	0,07	0,07
	sig.	0,912	0,749	0,888	0,008	0,599	0,596
Colheita	r	0,29	0,15	-0,04	-0,34	0,09	0,08
	sig.	0,038	0,278	0,750	0,011	0,521	0,552

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Na Semeadura e no Estádio VE até V10 (emergência até a décima folha), conforme a Tabela 13, a variável Agtx apresentou correlação negativa com UmidRel (-0,38) e VentVel (-0,41). Além disso, observou-se uma correlação negativa entre a variável de custo e VentVel nos Estádios V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento) (-0,36), R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água) (-0,41), R3 até R4 (grão leitoso até grão pastoso) (-0,32), R5 até R6 (formação de dente até maturidade fisiológica) (-0,36) e colheita (-0,34). Essas correlações indicam que essas variáveis se movem em direções opostas: quando há um aumento na umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação, os custos com agrotóxicos tendem a diminuir.

Entretanto, a literatura aponta que o excesso de umidade pode desencadear várias doenças nas diferentes fases do desenvolvimento do milho, destacando a aplicação de fungicidas uma das principais medidas de manejo (Embrapa, 2015). Além disso, Contiero, Biffe e Catapan (2018) sugerem a aplicação de defensivos agrícolas em condições ideais, como solo úmido suficiente para a ação do produto, temperaturas amenas e umidade do ar abaixo de 60%. Por outro lado, recomendam evitar a aplicação em dias com ventos fortes para minimizar a deriva de produtos químicos.

Durante a fase V14 até VT a variável Agtx também demonstrou uma correlação negativa com RadGlob (-0,33). Essa relação sugere uma direção oposta entre as variáveis. Esse fenômeno é mais notável na fase reprodutiva, uma vez que, a diminuição da radiação solar afeta a fotossíntese, tornando as plantas mais vulneráveis a patógenos que causam deterioração (Embrapa, 2015), exigindo a implementação de medidas de manejo para lidar com possíveis problemas associados.

Na fase de Colheita, a variável de custo Agtx apresentou uma correlação positiva com PrecipTt (0,29). Esses resultados indicam que durante períodos chuvosos, há uma tendência de aumento no uso de agrotóxicos. Isso pode ser atribuído ao receio de uma possível redução na eficácia desses produtos no controle de pragas, especialmente em áreas com uma considerável infestação de plantas daninhas no momento da colheita (Embrapa, 2015; Klesener, 2019).

4.1.4.1.6 Depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos

A Tabela 14, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com Depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos (Depre3), e as variáveis climáticas.

Tabela 14 – Coeficientes de correlação linear simples (*r*) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Depre3 e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	<i>r</i>	0,21	-0,17	-0,09	-0,06	-0,13	-0,14
VE até V10	sig.	0,124	0,182	0,476	0,664	0,320	0,284
V14 até VT	<i>r</i>	0,02	-0,12	-0,11	-0,02	-0,20	-0,21
	sig.	0,875	0,354	0,388	0,856	0,115	0,107
R1 até R2	<i>r</i>	0,20	-0,18	-0,00	-0,12	-0,16	-0,17
	sig.	0,122	0,164	0,974	0,335	0,197	0,190
R3 até R4	<i>r</i>	0,07	-0,30	0,23	-0,07	-0,26	-0,26
	sig.	0,649	0,025	0,098	0,633	0,056	0,060
R5 até R6	<i>r</i>	0,30	-0,18	0,25	-0,09	-0,30	-0,30
	sig.	0,040	0,178	0,068	0,515	0,025	0,026
Colheita	<i>r</i>	0,04	-0,06	0,10	0,01	-0,19	-0,20

	sig.	0,791	0,678	0,465	0,946	0,149	0,140
<i>r</i> : Coeficiente de Correlação de Pearson							
<u>Variáveis Climáticas</u> : PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m ²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).							
<u>Estádio Fenológico</u> : Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).							

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Durante o estágio R3 até R4, a variável de custo Depre3 demonstrou uma correlação negativa com RadGlob (-0,30). Neste período, de grão leitoso até grão pastoso, uma redução na intensidade luminosa, especialmente em períodos nublados, resultarão na diminuição da atividade fotossintética. Essa condição desencadeará um aumento do estresse na planta, e uma redução da taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e, conseqüentemente, na diminuição da produção final de grãos. Adicionalmente, a presença de condições nubladas favorece um ambiente propício ao surgimento de doenças no colmo da planta, demandando possíveis intervenções adicionais de manejo com maquinários, o que por sua vez, pode afetar os custos de depreciação (Magalhães; Souza, 2015).

No Estádio R5 até R6 (formação de dente até maturidade fisiológica), observou-se uma correlação positiva da variável de custo com PrecipTt (0,30) e correlações negativas com TempMx (-0,30) e TempMn (-0,30). Conforme a Embrapa (2015), chuvas excessivas e frequentes podem prejudicar desenvolvimento da planta por reduzir a disponibilidade da radiação global e das temperaturas ao longo do ciclo da cultura.

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, e períodos chuvosos nessa fase podem demandar o uso de maquinário para a secagem artificial dos grãos antes do armazenamento, impactando os custos de depreciação. É importante ressaltar que a correlação negativa não estabelece necessariamente uma relação de causa e efeito direta, mas sim uma associação estatística entre as variáveis.

4.1.4.1.7 Manutenção periódica de benfeitorias/instalações

A Tabela 15, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com Manutenção periódica de benfeitorias/instalações (MaBenInst), e as variáveis climáticas.

Tabela 15 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MaBenInst e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	R	-0,37	-0,38	0,22	0,43	-0,40	-0,40
VE até V10	sig.	0,004	0,003	0,095	< 0,001	0,001	0,001
V14 até VT	r	-0,21	-0,10	0,08	0,41	-0,41	-0,40
	sig.	0,118	0,463	0,564	< 0,001	0,001	0,001
R1 até R2	r	-0,09	0,17	-0,08	0,39	-0,37	-0,38
	sig.	0,481	0,180	0,546	0,002	0,003	0,002
R3 até R4	r	0,01	0,07	0,05	0,28	-0,30	-0,30
	sig.	0,966	0,635	0,738	0,042	0,028	0,026
R5 até R6	r	0,19	-0,02	-0,03	0,36	-0,34	-0,34
	sig.	0,186	0,892	0,807	0,008	0,011	0,011
Colheita	r	0,10	-0,31	0,05	0,37	-0,34	-0,34
	sig.	0,494	0,020	0,728	0,005	0,009	0,009

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Conforme observado na Tabela 15, a variável MaBenInst se correlacionou negativamente com PrecipTt (-0,37), RadGlob (-0,38), TempMx (-0,40) e TempMn (-0,40) na Semeadura e no Estádio VE até V10 (emergência até a décima folha). Além disso, nos Estádios V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento), houve correlações negativa com TempMx (-0,41) e TempMn (-0,40), seguindo a mesma tendência em todos os estádios.

No R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água) com TempMx (-0,37) e TempMn (-0,38), R3 até R4 (grão leitoso até grão pastoso) com TempMx (-0,30) e TempMn (-0,30), R5 até R6 (formação de dente até maturidade fisiológica) com TempMx (-0,34) e TempMn (-0,34), e na Colheita, com TempMx (-0,34) e TempMn (-0,34). Na Colheita também foi observado uma correlação negativa da variável manutenção com RadGlob (-0,31).

Embora as correlações negativas entre os custos de manutenção relacionados às benfeitorias e instalações com a radiação solar, assim como as temperaturas máximas e mínimas, indiquem uma possível associação nos custos, não foram identificadas referências específicas na literatura que respaldem essa associação com essas variáveis em específico.

Além disso, nota-se correlações positivas da variável de custo com a variável VentVel em todos os estádios: na Semeadura e no Estádios VE até V10 com VentVel (0,43), V14 até VT com VentVel (0,41), R1 até R2 com VentVel (0,39), R3 até R4 com VentVel (0,28), R5 até R6 com VentVel (0,36), e na Colheita, com VentVel (0,37). Essa relação indica que um aumento

na velocidade do vento está associado a maiores custos operacionais com manutenção de benfeitorias e instalações.

A literatura destaca que rajadas fortes de vento acarretam danos extensivos aos estabelecimentos agrícolas, impactando negativamente as lavouras, causando prejuízos em insumos, maquinário e equipamentos, além de afetar benfeitorias e residências (Giehl et al., 2020).

4.1.4.1.8 Encargos Sociais

A Tabela 16, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com custo encargos sociais (EncSoc), e as variáveis climáticas.

Tabela 16 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo EncSoc e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	r	-0,02	-0,06	0,07	0,03	-0,05	-0,04
	sig.	0,863	0,635	0,606	0,818	0,725	0,740
V14 até VT	r	0,11	-0,15	0,19	0,00	-0,11	-0,11
	sig.	0,407	0,260	0,133	0,978	0,391	0,416
R1 até R2	r	0,24	0,11	0,07	-0,00	-0,10	-0,11
	sig.	0,067	0,408	0,590	0,982	0,427	0,397
R3 até R4	r	0,07	0,22	-0,06	-0,00	-0,04	-0,05
	sig.	0,651	0,109	0,649	0,982	0,779	0,699
R5 até R6	r	0,02	0,05	0,01	-0,00	-0,04	-0,04
	sig.	0,872	0,696	0,966	0,981	0,754	0,745
Colheita	r	0,42	-0,05	0,04	-0,03	-0,05	-0,05
	sig.	0,002	0,712	0,784	0,848	0,730	0,726

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Na Tabela 16, nota-se que durante a fase de colheita, a variável EncSoc apresentou uma correlação positiva com a variável PrecipTt (0,42). Essa associação indica que chuvas intensas nesse período podem sugerir a um aumento nos encargos sociais relacionados à mão de obra, (neste caso a permanente), possivelmente devido a dificuldades adicionais enfrentadas durante essa etapa do processo agrícola.

Adicionalmente, a ocorrência de chuvas no final do ciclo de cultivo pode ocasionar o crescimento de plantas daninhas, resultando em obstrução nas colheitadeiras, demandando intervenção manual para resolução. Esse cenário também contribui para a redução da velocidade da colheita, já que a colheitadeira precisa processar uma maior quantidade de massa foliar. Além disso, o aumento da umidade do ar favorecido pelas chuvas propicia o desenvolvimento de fungos, podendo levar à deterioração dos grãos. Em determinadas situações, pode ser necessário realizar uma secagem artificial para preservar a qualidade dos grãos afetados (Embrapa, 2015).

4.1.4.2 Análise de correlação milho de 2ª safra.

A análise de correlação para a segunda safra é apresentada a seguir. Os estágios fenológicos R3 até R4 e R5 até R6 foram analisados em conjunto por estarem dentro da mesma fase (reprodutiva) e corresponderem ao mesmo período de análise.

4.1.4.2.1 Operação com máquinas

A Tabela 17, apresenta os resultados da análise de correlação linear simples entre o custo de produção de operação com máquinas (tratores e colheitadeiras) (OpMáq), e as variáveis climáticas por estádios fenológicos.

Tabela 17 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo OpMáq e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	r	-0,14	-0,09	0,02	0,00	-0,24	-0,26
VE até V10	sig.	0,223	0,400	0,860	0,973	0,032	0,016
V14 até VT	r	-0,14	0,06	-0,05	0,13	-0,26	-0,28
	sig.	0,250	0,626	0,674	0,270	0,021	0,012
R1 até R2	r	-0,02	0,10	0,01	-0,02	-0,36	-0,38
	sig.	0,871	0,382	0,962	0,883	< 0,001	< 0,001
R3 até R4	r	-0,09	-0,21	0,29	-0,04	-0,33	-0,35
R5 até R6	sig.	0,482	0,068	0,011	0,720	0,003	0,002
Colheita	r	-0,01	-0,18	0,24	-0,18	-0,31	-0,33
	sig.	0,972	0,121	0,040	0,121	0,006	0,003

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Tabela 17, demonstra que a Semeadura e Estádio fenológico VE até V10 (emergência até a décima folha), a variável OpMáq se correlacionou negativamente com TempMx (-0,24) e TempMn (-0,26). Isso sugere que, quando as temperaturas máximas e mínimas aumentam a custo com OpMáq tende a diminuir. Esse mesmo resultado foi encontrado no Estádio V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento) com TempMx (-0,26) e TempMn (-0,28), no Estádio R1 até R2 com TempMx (-0,36) e TempMn (-0,38), no Estádio R3 até R4 e R5 até R6 (grão leitoso até grão pastoso; formação de dente até maturidade fisiológica) com TempMx (-0,33) e TempMn (-0,35) e na Colheita com TempMx (-0,31) e TempMn (-0,33).

Nota-se que essas correlações negativas entre temperaturas durante as fases vegetativas e reprodutivas foram também identificadas nas análises de correlação da primeira safra de milho. De acordo com a Embrapa (2021), a complexidade da relação entre temperatura e desempenho da cultura é evidente, uma vez que a condição ideal varia conforme os diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento da planta.

A observação das correlações positivas da variável OpMáq com UmidRel nos Estádios R3 até R4 e R5 até R6 (0,29) e na colheita (0,24) sugere uma relação direta entre a diminuição da umidade relativa do ar e a potencial redução nos custos operacionais ligados às máquinas agrícolas. Essa associação pode ser influenciada por diversos fatores como, climas mais quentes e secos os grãos tendem a diminuir sua umidade, tornando-se mais propícios para a colheita. Esse processo pode requerer menos ajustes ou operações adicionais das máquinas agrícolas.

4.1.4.2.2 Mão de Obra

A Tabela 18, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com mão de obra (MO), e as variáveis climáticas.

Tabela 18 – Coeficientes de correlação linear simples (*r*) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MO e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	<i>r</i>	-0,23	0,18	-0,16	-0,21	-0,32	-0,35
VE até V10	sig.	0,047	0,098	0,168	0,067	0,004	0,001
V14 até VT	<i>r</i>	-0,10	0,22	-0,05	-0,28	-0,45	-0,48
	sig.	0,440	0,050	0,681	0,014	< 0,001	< 0,001
R1 até R2	<i>r</i>	-0,06	0,02	0,07	-0,34	-0,48	-0,50
	sig.	0,637	0,888	0,532	0,002	< 0,001	< 0,001
R3 até R4	<i>r</i>	-0,26	0,01	0,22	-0,32	-0,46	-0,49

R5 até R6	sig.	0,052	0,910	0,056	0,005	<0,001	<0,001
Colheita	<i>r</i>	-0,10	-0,10	0,32	-0,24	-0,39	-0,42
	sig.	0,567	0,567	0,005	0,035	<0,001	<0,001

r: Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Na Tabela 18, durante a Semeadura e no Estádio VE até V10 (emergência até a décima folha), a variável MO demonstrou correlações negativas com PrecipTt (-0,23), TempMx (-0,32) e TempMn (-0,35). No Estádio seguinte V14 até VT (décima quarta folha até o Pendoamento), essa mesma variável, MO, apresentou correlações negativas com VentVel (-0,28), TempMx (-0,45) e TempMn (-0,48).

À medida que a Precipitação Total aumenta, a quantidade de MO tende a diminuir. No entanto, o excesso de chuva pode afetar negativamente o desenvolvimento do milho, reduzindo a radiação solar e, conseqüentemente, a produtividade da cultura. Temperaturas diurnas persistentemente superiores a 35°C podem prejudicar o seu crescimento (Magalhães; Durães, 2006). Além disso, um aumento na velocidade do vento pode resultar em danos às plantas, sugerindo um aumento na necessidade de mão de obra.

Nos estádios R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água) e R3 até R6 (grão leitoso até grão pastoso; formação de dente até maturidade fisiológica), as correlações negativas persistiram. Nos estádios R1 até R2, verificou-se relações negativas da variável MO com VentVel (-0,34), TempMx (-0,48) e TempMn (-0,50). Da mesma forma, nos estádios R3 até R6, VentVel (-0,32), TempMx (-0,46) e TempMn (-0,49). Essa continuidade de correlações negativas indica uma tendência similar de associação entre as variáveis ao longo desses estádios fenológicos.

E na fase de Colheita apresentou correlações positivas com UmidRel (0,32) e negativas com VentVel (-0,24) com TempMx (-0,39) e TempMn (-0,42).

É importante destacar que o vento é importantíssimo na polinização do milho, entretanto, seu excesso pode prejudicar o desenvolvimento em outras fases do ciclo, requerendo mais cuidados. O aumento da temperatura, por sua vez, tende a reduzir a umidade, o que pode ser benéfico nas fases finais da cultura. Essas etapas requerem períodos predominantemente secos para a maturação fisiológica e a colheita (Fancelli, 2015) demandando menos intervenções de manejo.

4.1.4.2.3 Sementes

A Tabela 19, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com sementes (Semet), e as variáveis climáticas.

Tabela 19 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Semet e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	r	0,05	0,22	-0,05	0,03	-0,12	-0,14
	sig.	0,665	0,051	0,671	0,787	0,273	0,198
V14 até VT	r	0,18	0,18	-0,01	0,03	-0,17	-0,19
	sig.	0,160	0,105	0,926	0,806	0,139	0,095
R1 até R2	r	0,01	0,03	0,06	0,02	-0,22	-0,23
	sig.	0,952	0,774	0,625	0,894	0,049	0,045
R3 até R4 R5 até R6	r	-0,04	0,04	0,13	-0,03	-0,25	-0,26
	sig.	0,741	0,755	0,277	0,821	0,026	0,023
Colheita	r	-0,29	-0,10	0,17	-0,14	-0,25	-0,26
	sig.	0,104	0,388	0,151	0,221	0,027	0,022

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

De acordo com os resultados da Tabela 19, foi observado correlações negativas da variável Semet com as variáveis TempMx e TempMn na fase reprodutiva e na colheita. No Estádio R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água) com TempMx (-0,22) e TempMn (-0,23), R3 até R4 e R5 até R6 (grão leitoso até grão pastoso; formação de dente até maturidade fisiológica) com TempMx (-0,25) e TempMn (-0,26) e na Colheita com TempMx (-0,25) e TempMn (-0,26).

Como já tratado na análise da primeira safra, é mais comum esperar uma relação da variável de custo com sementes no período inicial de desenvolvimento da fase vegetativa, em que o estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35° C) podem prejudicar drasticamente a produção, podendo incorrer em custos adicionais com sementes.

4.1.4.2.4 Fertilizantes

A Tabela 20, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com fertilizantes (Fertz), e as variáveis climáticas.

Tabela 20 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Fertz e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	r	-0,13	0,09	-0,10	-0,06	-0,14	-0,18
VE até V10	sig.	0,258	0,407	0,410	0,628	0,226	0,104
V14 até VT	r	-0,02	0,05	-0,06	-0,17	-0,20	-0,26
	sig.	0,859	0,657	0,605	0,138	0,070	0,021
R1 até R2	r	-0,05	-0,10	-0,05	-0,16	-0,45	-0,46
	sig.	0,664	0,396	0,671	0,149	< 0,001	< 0,001
R3 até R4	r	-0,12	-0,24	0,15	-0,28	-0,27	-0,29
R5 até R6	sig.	0,389	0,037	0,189	0,017	0,016	0,010
Colheita	r	-0,12	-0,03	0,13	-0,13	-0,20	-0,23
	sig.	0,490	0,791	0,253	0,261	0,073	0,042

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Os resultados da Tabela 20, apresentam correlações negativas da variável Fertz com as variáveis TempMx e TempMn nos seguintes estádios fenológicos: V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento), com TempMn (-0,26), R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água), com TempMx (-0,45) e TempMn (-0,46), R3 até R4 e R5 até R6 (Grão Leitoso até Grão Pastoso; Formação de Dente até Maturidade Fisiológica) com TempMx (-0,27) e TempMn (-0,29) e na Colheita com TempMn (-0,23). Além disso, os resultados mostram que nos Estádios R3 até R4 e R5 até R6 há uma correlação negativa da variável Fertz com VentVel (-0,28) e RadGlob (-0,24).

As correlações negativas entre o custo de fertilizantes (Fertz) e as variáveis climáticas (TempMx, TempMn, VentVel e RadGlob) sugerem que, quando esses fatores climáticos diminuem, os custos de fertilizantes tendem a aumentar. No entanto, é importante ressaltar que, como mencionado na análise da primeira safra, não é comum realizar a aplicação de fertilizantes nas fases finais do ciclo de cultivo do milho.

Isso se deve ao fato de que a absorção de nutrientes pelas plantas ocorre principalmente em estágios específicos do desenvolvimento, como no estágio vegetativo, quando se estabelece o potencial de grãos, e posteriormente se intensifica na fase reprodutiva, momento em que a planta atinge sua capacidade produtiva.

4.1.4.2.5 Agrotóxicos

A Tabela 21, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com agrotóxicos/defensivos (Agtx), e as variáveis climáticas.

Tabela 21 – Coeficientes de correlação linear simples (*r*) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Agtx e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	<i>r</i>	0,18	-0,02	-0,13	0,23	-0,06	-0,08
VE até V10	sig.	0,131	0,871	0,253	0,041	0,595	0,475
V14 até VT	<i>r</i>	0,10	0,15	-0,23	0,31	0,06	0,03
	sig.	0,446	0,194	0,049	0,005	0,565	0,813
R1 até R2	<i>r</i>	0,17	0,07	-0,11	0,22	-0,14	-0,15
	sig.	0,178	0,550	0,323	0,049	0,200	0,177
R3 até R4	<i>r</i>	-0,09	-0,05	-0,29	0,25	-0,14	-0,15
R5 até R6	sig.	0,499	0,671	0,011	0,033	0,228	0,196
Colheita	<i>r</i>	-0,07	-0,14	-0,16	0,15	-0,07	-0,07
	sig.	0,698	0,217	0,175	0,191	0,571	0,524

r: Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Contiero, Biffe e Catapan (2018) destacam que a condição ideal de vento para a aplicação de produtos agrícolas situa-se na faixa de 3 a 8 km/h. Isso se traduz, na prática, como a observação de uma sutil movimentação nas folhas das culturas. Ventos com velocidades superiores a 8 km/h favorecem a dispersão inadequada das gotas de aplicação.

Essa orientação se alinha com os resultados da Tabela 21, onde são evidenciadas correlações positivas da variável Agtx com a variável VentVel na Semeadura e no Estádio VE até V10 (emergência até a décima folha) com VentVel (0,23), V14 até VT (décima quarta folha até o Pendoamento) com VentVel (0,31), R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água) com VentVel (0,22), e R3 até R4 e R5 até R6 (grão leitoso até grão pastoso;

formação de dente até maturidade fisiológica) com VentVel (0,25). Essas correlações sugerem uma redução nos custos, possivelmente influenciada por condições climáticas favoráveis como ventos amenos e umidade mais elevada para aplicação eficaz de produto agrícola.

Isso é confirmado nas correlações negativas apresentadas da variável de custo Agtx com UmidRel, nos Estádios: V14 até VT (-0,23) e R3 até R4 e R5 até R6 (-0,29). Logo, considerar as condições climáticas mais adequadas podem influenciar positivamente não apenas na eficácia dos produtos utilizados, mas também nos custos associados à sua aplicação.

4.1.4.2.6 Depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos

A Tabela 22, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com Depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos (Depre3), e as variáveis climáticas.

Tabela 22 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo Depre3 e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	r	-0,13	-0,21	0,02	0,22	-0,44	-0,48
	sig.	0,276	0,064	0,879	0,049	<0,001	<0,001
V14 até VT	r	-0,29	-0,01	-0,13	0,30	-0,39	-0,44
	sig.	0,017	0,900	0,269	0,008	<0,001	<0,001
R1 até R2	r	-0,04	-0,02	-0,13	0,20	-0,55	-0,56
	sig.	0,732	0,861	0,270	0,072	<0,001	<0,001
R3 até R4 R5 até R6	r	-0,22	-0,43	0,26	0,12	-0,49	-0,49
	sig.	0,104	<0,001	0,024	0,288	<0,001	<0,001
Colheita	r	-0,14	-0,26	-0,26	0,02	-0,41	-0,42
	sig.	0,425	0,023	0,023	0,872	<0,001	<0,001

r : Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Na Tabela 22, é possível notar que nos estádios de Semeadura VE até V10 (emergência até a décima folha), a variável de custo Depre3 apresentou correlações positivas com VentVel (0,22) e negativas com TempMx (-0,44) e TempMn (-0,48). Essa mesma tendência se repetiu no estágio de V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento), onde foram observadas

correlações positivas com VentVel (0,30), e negativas com TempMx (-0,39) e TempMn (-0,44), além de uma correlação negativa adicional com PrecipTt (-0,29).

Ventos intensos na plantação de milho podem causar perda de folhas, e quebra das plantas. Durante o período de formação de óvulos e espigas, fatores como estresse hídrico, impacto de geadas e falta de nutrientes pode ser grave para a qualidade do grão. Isso acarreta custos adicionais de produção com medidas de manejo resultando em desgaste de máquinas e equipamentos, e conseqüentemente afetando a depreciação (Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016). Essa situação é respaldada pelas correlações positivas e negativas da variável Depre3 na fase vegetativa.

No estágio de R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água), foram observadas correlações negativas significativas com TempMx (-0,55) e TempMn (-0,56). Por outro lado, nos estádios de R3 até R4 e R5 até R6 (grão leitoso até grão pastoso; formação de dente até maturidade fisiológica), destaca-se uma correlação positiva com UmidRel (0,26) e correlações negativas com RadGlob (-0,43), TempMx (-0,49) e TempMn (-0,49). Na fase de Colheita, as correlações foram negativas com RadGlob (-0,26), TempMx (-0,41) e TempMn (-0,42).

A tendência é que, em condições de maior radiação solar e temperaturas mais altas, a umidade do ar diminua devido à evaporação causada pela intensa radiação solar. Nas fases finais do ciclo, o grão começa a perder umidade e as folhas das plantas entram no processo natural de envelhecimento, o que sugere menos necessidade de medidas de manejo, resultando em menos desgaste de máquinas e equipamentos, conseqüentemente afetando menos a depreciação (Embrapa, 2015)

4.1.4.2.7 Manutenção periódica de benfeitorias/instalações

A Tabela 23, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com Manutenção periódica de benfeitorias/instalações (MaBenInst), e as variáveis climáticas.

Tabela 23 – Coeficientes de correlação linear simples (r) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo MaBenInst e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura	r	0,12	0,15	-0,20	0,04	-0,09	-0,12
VE até V10	sig.	0,291	0,178	0,085	0,743	0,434	0,294
V14 até VT	r	0,12	0,20	-0,21	0,08	-0,08	-0,11
	sig.	0,355	0,075	0,074	0,464	0,481	0,343

R1 até R2	<i>r</i>	0,14	0,09	-0,06	0,02	-0,21	-0,22
	sig.	0,274	0,445	0,589	0,861	0,062	0,047
R3 até R4 R5 até R6	<i>r</i>	-0,07	0,20	-0,14	0,01	-0,22	-0,23
	sig.	0,622	0,078	0,223	0,966	0,056	0,044
Colheita	<i>r</i>	0,04	0,07	0,07	-0,01	-0,12	-0,14
	sig.	0,805	0,558	0,571	0,945	0,283	0,222

r: Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4 - Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Nota-se na Tabela 23 correlações negativas da variável de custo MaBenInst com TempMn (-0,22) no Estádio R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água), e R3 até R4 e R5 até R6 (grão leitoso até grão pastoso; formação de dente até maturidade fisiológica), com TempMn (-0,23). No entanto, como já abordado nas análises da 1^a safra, não foram identificadas referências na literatura que respaldem essa associação com essas variáveis em específico. As análises anteriores sugerem uma relação mais provável da variável de custo MaBenInst com a variável VentVel.

4.1.4.2.8 Encargos Sociais

A Tabela 24, a seguir, apresenta a análise de correlação linear simples para o custo de produção com custo encargos sociais (EncSoc), e as variáveis climáticas.

Tabela 24 – Coeficientes de correlação linear simples (*r*) significativos ao nível nominal de 0,05 entre a variável de custo EncSoc e as variáveis climáticas

Estádio Fenológico	Variáveis climáticas						
		PrecipTt	RadGlob	UmidRel	VentVel	TempMx	TempMn
Semeadura VE até V10	<i>r</i>	-0,13	0,14	-0,07	-0,20	-0,31	-0,33
	sig.	0,266	0,225	0,542	0,080	0,005	0,002
V14 até VT	<i>r</i>	-0,05	0,18	0,01	-0,25	-0,38	-0,41
	sig.	0,685	0,115	0,965	0,024	<0,001	<0,001
R1 até R2	<i>r</i>	0,08	-0,02	0,10	-0,32	-0,38	-0,40
	sig.	0,510	0,861	0,366	0,004	<0,001	<0,001
R3 até R4 R5 até R6	<i>r</i>	-0,27	0,06	0,19	-0,30	-0,36	-0,39
	sig.	0,043	0,630	0,105	0,008	0,001	<0,001
Colheita	<i>r</i>	-0,28	0,04	0,26	-0,22	-0,32	-0,35
	sig.	0,109	0,739	0,025	0,056	0,004	0,002

r: Coeficiente de Correlação de Pearson

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Estádio Fenológico: Semeadura, VE até V10 - Semeadura, Emergência até a Décima folha; V14 até VT - Décima quarta folha até o Pendoamento; R1 até R2 - Embonecamento e Polinização até Grão Bolha D'água; R3 até R4

- Grão Leitoso até Grão Pastoso; R5 até R6 - Formação de Dente até Maturidade Fisiológica; Colheita (Quadro 4 - Escala Fenológica do milho).

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Pode ser observado na Tabela 24, correlações negativas na fase vegetativa da variável de custo EncSoc, nos seguintes Estádios: na Semeadura e VE até V10 (emergência até a décima folha) com TempMx (-0,31) e TempMn (-0,33), e no Estádio V14 até VT (décima quarta folha até o pendoamento), com VentVel (-0,25), com TempMx (-0,38) e TempMn (-0,41).

As correlações inversas com a temperatura e vento velocidade sugerem uma diminuição nos custos com o aumento desses fatores, um resultado não esperado. Na fase vegetativa, o aumento da temperatura geralmente demandaria medidas de manejo adicionais, como o controle de plantas daninhas em pós-emergência. De acordo com Melhorança e Karan (2021), a capina manual deve ser preferencialmente realizada em dias quentes e secos, com o solo úmido. Este método de controle requer uma considerável quantidade de mão de obra (Melhorança e Karan, 2021). No entanto, como observado, o vento em velocidades excessivas pode provocar danos mecânicos nas plantas, incluindo queda de folhas e quebra de galhos e troncos, resultando em custos adicionais de encargos sociais advindos da contratação de mão de obra.

Segue a mesma tendência de correlações negativas na fase reprodutiva, no Estádio R1 até R2 (embonecamento e polinização até grão bolha d'água) com VentVel (-0,32), TempMx (-0,38) e TempMn (-0,40), no Estádio R3 até R4 e R5 até R6 (grão leitoso até grão pastoso; formação de dente até maturidade fisiológica) com PrecipTt (-0,27), com VentVel (-0,30), TempMx (-0,36) e TempMn (-0,39). E ainda na Colheita com TempMx (-0,32) e TempMn (-0,35). Além disso, percebe-se uma correlação positiva da variável de custo na Colheita com UmidRel (0,26).

É importante lembrar que correlações podem indicar associações entre variáveis, e que elas não estabelecem necessariamente uma relação de causa e efeito. Enquanto as correlações indicam apenas a direção e força da relação entre variáveis, a análise de regressão permite prever ou explicar o comportamento das variáveis dependentes de custo, com base nas variações das variáveis independentes climáticas.

Com base nas estimativas de correlação encontradas em todas as fases fenológicas, das duas safras de milho, optou-se por fazer as análises de regressão apenas nas fases reprodutiva e vegetativa. Nessas etapas, observa-se menor variabilidade tanto nas estimativas quanto nas significâncias. A seguir apresenta-se a análise de regressão.

4.1.5 Análise de regressão

Para a análise de regressão, os dados foram agrupados em fases vegetativas e reprodutivas para ambas as safras de milho nas cinco regiões geográficas brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul). Esta abordagem difere da análise de correlação, que foi realizada com base em fases fenológicas. Agrupar os dados por fases vegetativas e reprodutivas permitiu uma compreensão mais específica das relações entre os fatores climáticos e os custos de produção do milho ao longo do ciclo de cultivo, nestes momentos específicos de desenvolvimento.

É relevante observar que, em todas as tabelas apresentadas, os valores entre parênteses representam o valores-p dos coeficientes estimados. Qualquer coeficiente com valor-p inferior a 0,05 foi considerado estatisticamente significativo e está destacado em negrito nas tabelas. As tabelas de regressão serão apresentadas por regiões geográficas, incluindo os respectivos municípios abordados no estudo. A Tabela 25 apresenta a análise da 1ª safra de milho na Região Norte, fase vegetativa, abrangendo Boa Vista, RR.

Tabela 25 - Análise da 1ª safra de milho na Região Norte (Boa Vista, RR) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	52,81 (0,160)	-8,48 (0,753)	-44,30 (0,905)	-820,54 (0,240)	10,02 (0,223)	2016,79 (0,276)	-176,28 (0,109)	-121,51 (0,044)
RadGlob	-1,21 (0,123)	0,28 (0,584)	1,01 (0,876)	20,19 (0,175)	-0,27 (0,151)	1,23 (0,612)	0,34 (0,638)	0,38 (0,237)
UmidRel	10,28 (0,122)	-3,14 (0,491)	26,32 (0,652)	106,00 (0,270)	8,99 (0,038)	-67,66 (0,137)	28,96 (0,098)	17,09 (0,047)
VentVel	13,91 (0,321)	0,02 (0,999)	-19,35 (0,926)	-2458,33 (0,048)	-201,46 (0,007)	31,54 (0,678)	-19,67 (0,459)	-11,84 (0,246)
TempMx	181,95 (0,054)	-41,78 (0,329)	35,62 (0,933)	-939,54 (0,240)	155,27 (0,017)	-458,91 (0,156)	110,88 (0,194)	46,98 (0,130)
R ²	0,98	0,97	0,80	0,98	0,98	0,99	0,97	0,98

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Analisando os resultados da Tabela 25, referentes aos fatores climáticos associados à 1ª safra de milho na Região Norte durante a fase vegetativa, verificou-se que o custo

relacionado à OpMáq aumentou de acordo com o aumento da TempMx. A temperatura desempenha um papel fundamental na emergência das plântulas e no surgimento de novas folhas, impactando diretamente o metabolismo das plantas e a duração do período vegetativo. Temperaturas acima de 30°C na fase vegetativa do milho podem prejudicar o processo fotossintético, a absorção de água e nutrientes, causando estresse hídrico. Mitigar esses impactos negativos é fundamental para o desenvolvimento saudável das plantas (Bergamaschi; Matzenauer, 2014; Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

Por outro lado, o custo relacionado a Fertz diminuiu à medida que o VentVel aumentou. Este resultado contradiz o que é geralmente esperado na literatura. Durante a fase inicial de crescimento do milho, a eficiência na aplicação de fertilizantes é fundamental, especialmente para nutrientes móveis como o nitrogênio. A velocidade do vento influencia a distribuição dos nutrientes aplicados, podendo resultar em dispersão fora do alvo desejado, o que pode comprometer a eficácia e aumentar os custos da aplicação (Baio; Molin; Leal, 2012; Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016).

Os custos com Agtx aumentaram com o aumento UmidRel e da TempMx, mas reduziram com o aumento do VentVel. O aumento nos custos aponta para a necessidade de controle químico na fase vegetativa para manejar doenças foliares influenciadas pelo aumento da UmidRel e da TempMx (Embrapa, 2015). No entanto, era esperado um aumento nos custos com o aumento do VentVel, pois Contiero, Biffe e Catapan (2018) recomendam evitar a aplicação em dias com ventos fortes para minimizar a deriva de produtos químicos.

No caso dos custos com EncSoc, observou-se uma redução associada ao aumento da PrecipTt, enquanto houve um aumento em consonância com o aumento da UmidRel. Para alcançar o máximo potencial de produção, a cultura do milho requer condições climáticas ideais, incluindo temperatura, precipitação e exposição solar adequadas. Entretanto, o aumento da precipitação e da umidade durante as fases iniciais do cultivo pode favorecer o surgimento de plantas daninhas. Controlar essas plantas é essencial para minimizar a competição por luz, água e nutrientes, pois, além de serem de difícil controle (plantas resistentes), podem gerar custos adicionais à produção (Morais; Borém, 2015, Magalhães; Souza, 2015)

Um coeficiente de determinação (R^2) de 0,98 para ambas as variáveis significativas indica que cerca de 98% da variabilidade das variáveis dependentes pode ser explicada pelas variáveis independentes incluídas no modelo de regressão. Conseqüentemente, um R^2 mais alto pode ser justificado, pois, na região norte, é possível que exista uma homogeneidade climática significativa entre a única cidade considerada, resultando em

uma maior consistência nos dados. Quanto a verificação de alguns pressupostos, os resultados demonstraram que os resíduos não apresentam distribuição normal e não exibem autocorrelação, sendo independentes.

A variável TempMn não foi incluída na análise da 1ª safra de milho na Região Norte durante a fase vegetativa devido à sua baixíssima variabilidade. Isso resultou em erro de estimação ao considerar essa variável climática.

Considerando ainda o período da 1ª safra na Região Norte, especialmente na fase reprodutiva, mesmo com alguns dados disponíveis, a quantidade foi insuficiente para realizar uma estimação do modelo de regressão para esta fase específica.

A Tabela 26, traz a análise da 2ª safra de milho na Região Norte, na fase vegetativa, contemplando Vilhena, RO, e Pedro Afonso, TO.

Tabela 26 - Análise da 2ª safra de milho na Região Norte (Vilhena, RO e Pedro Afonso, TO) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	14,82 (0,185)	-0,63 (0,838)	71,97 (0,277)	50,55 (0,310)	24,43 (0,285)	-1,22 (0,945)	10,06 (0,432)	17,73 (0,561)
RadGlob	0,07 (0,534)	-0,03 (0,371)	-0,54 (0,427)	-0,46 (0,379)	-0,56 (0,044)	0,21 (0,290)	-0,04 (0,740)	-0,12 (0,696)
UmidRel	18,04 (0,221)	-4,21 (0,329)	-103,29 (0,246)	75,51 (0,262)	-98,82 (0,012)	21,76 (0,371)	-0,58 (0,972)	-7,24 (0,857)
VentVel	-9,00 (0,877)	-6,43 (0,713)	-473,82 (0,210)	255,16 (0,358)	-189,11 (0,157)	66,79 (0,507)	-14,56 (0,835)	-65,22 (0,700)
TempMx	-61,78 (0,563)	9,35 (0,768)	-363,55 (0,575)	2259,07 (0,003)	-187,26 (0,412)	-66,25 (0,714)	65,09 (0,613)	135,51 (0,661)
TempMn	106,02 (0,297)	-20,96 (0,480)	198,24 (0,737)	-1988,67 (0,004)	15,72 (0,938)	99,63 (0,552)	-74,50 (0,531)	-166,28 (0,560)
R ²	0,95	0,91	0,47	0,97	0,97	0,64	0,41	0,36

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na análise da fase vegetativa da 2ª safra de milho na Região Norte, notou-se que o custo com Fertz aumentou conforme o aumento da TempMx e diminuiu com o aumento da TempMn. A umidade relativa do ar e a temperatura são determinantes na evaporação da água durante a aplicação de fertilizantes líquidos. Em condições de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, há maior risco de perdas durante o processo, devido à evaporação

intensificada, gerando gotas menores dos fertilizantes, o que pode aumentar a necessidade de produto, consequentemente elevando os custos (Pinto; Silva, 2021). Por outro lado, em temperaturas mais baixas, a evaporação reduzida durante a aplicação pode manter uma distribuição mais eficiente dos fertilizantes, resultando em custos mais baixos associados à aplicação.

Adicionalmente, os custos relacionados aos Agtx diminuíram à medida que houve aumento na RadGlob e na UmidRel. Esse declínio nos custos relacionada com a UmidRel é respaldado pela literatura, a qual destaca que a aplicação de defensivos é mais eficiente com maior umidade relativa do ar e menor temperatura, evitando a evaporação e minimizando o desperdício de defensivos no campo. Condições ideais de aplicação ocorrem geralmente nas primeiras horas da manhã ou no final da tarde, quando as temperaturas, umidade relativa do ar e ventos são mais favoráveis tanto para a aplicação quanto para a absorção dos produtos pelas plantas, minimizando possíveis perdas (Contiero, Biffe, Catapan, 2018).

A redução dos custos relacionados aos Agtx com o aumento da radiação solar é explicada por Contiero, Biffe e Catapan (2018), que enfatizam a influência da luminosidade como uma característica intrínseca dos defensivos utilizados. Alguns produtos são sensíveis à fotodegradação, decompondo-se pela exposição aos raios solares, enquanto outros dependem da luz solar direta para serem absorvidos de maneira eficaz. Em situações de maior radiação solar, a luminosidade tende a ser intensificada, o que pode afetar diretamente a eficácia, dependendo do tipo de defensivo utilizado.

As variáveis de custo Fertz e Agtx apresentaram um R^2 de 0,97, evidenciando o forte poder preditivo desses fatores climáticos para explicar a variabilidade dos dados. Ambas também demonstraram resíduos com distribuição normal e independência.

A Tabela 27 apresenta a análise da 2ª safra de milho na Região Norte, fase reprodutiva, considerando os municípios de Vilhena, RO, e Pedro Afonso, TO.

Tabela 27 - Análise da 2ª safra de milho na Região Norte (Vilhena, RO e Pedro Afonso, TO) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-3,23 (0,774)	0,09 (0,977)	55,65 (0,320)	55,26 (0,308)	6,57 (0,772)	-7,64 (0,618)	-3,60 (0,767)	-5,54 (0,845)
RadGlob	0,01 (0,959)	-0,04 (0,407)	-0,46 (0,572)	0,22 (0,776)	-0,41 (0,260)	-0,03 (0,881)	0,02 (0,934)	-0,01 (0,981)
UmidRel	5,58 (0,063)	-0,37 (0,620)	-12,90 (0,312)	-44,86 (0,007)	-11,25 (0,063)	4,66 (0,210)	0,31 (0,909)	-0,72 (0,912)

VentVel	-90,13 (0,014)	26,47 (0,014)	21,03 (0,872)	-924,44 (<0,001)	257,61 (0,003)	-43,53 (0,267)	21,88 (0,470)	40,22 (0,567)
TempMx	-83,51 (0,587)	36,78 (0,420)	-634,48 (0,397)	-2260,21 (0,015)	-29,70 (0,923)	-23,01 (0,911)	37,50 (0,819)	118,54 (,759)
TempMn	108,24 (0,500)	-39,62 (0,404)	719,98 (0,357)	2324,97 (0,016)	19,27 (0,952)	35,44 (0,868)	-46,06 (0,787)	-136,97 (0,732)
R ²	0,92	0,88	0,50	0,95	0,95	0,65	0,29	0,26

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Já na análise da fase reprodutiva na Região Norte observou-se que o custo relacionado à OpMáq diminuiu de acordo com o aumento do VentVel, enquanto os custos com MO apresentaram aumento. A literatura aponta (Fancelli, 2017; Embrapa, 2015) que o vento em velocidades excessivas provoca o acamamento nas plantas, queda de folhas, quebra de galhos e troncos, resultando em custos adicionais relacionados à necessidade de mão de obra e maquinário. Isso corrobora com as relações positivas entre a variável MO e VentVel. No entanto, não era esperado que o custo relacionado à operação de máquinas diminuísse com o aumento da VentVel, pois usualmente esperaríamos um aumento desses custos devido às questões anteriormente mencionadas.

Por outro lado, os custos com Fertz diminuíram com o aumento da UmidRel, VentVel e TempMx, porém aumentaram com o aumento da TempMn. No caso do milho, há dois períodos de intensa absorção para nitrogênio e fósforo: durante o desenvolvimento vegetativo e na fase reprodutiva (quando acontece a formação da espiga) o potencial produtivo é atingido, enquanto para o potássio, a maior absorção ocorre no estágio vegetativo inicial, sugerindo sua importância como elemento de partida para o crescimento inicial das plantas (Coelho; Resende; Santos, 2015; Coelho, 2021).

Como mencionado anteriormente, a velocidade do vento pode dispersar os nutrientes para além do alvo desejado, afetando a eficácia e elevando os custos de aplicação. Além disso, a temperatura também desempenha um papel significativo, pois em condições extremamente altas, certos nutrientes, como o nitrogênio, podem se volatilizar, enquanto em temperaturas muito baixas, a absorção de nutrientes pelas plantas pode ser reduzida (Embrapa, 2015; Coelho, 2021).

Além disso, os custos com Agtx aumentaram com em consonância com o aumento do VentVel. No entanto, este aumento pode não ser justificado, dado que a literatura

ênfatisa a eficácia da aplicação de defensivos em condições de vento ameno para evitar a deriva. Em condições ideais, espera-se que esses custos diminuam ou permaneçam estáveis em ventos mais suaves, entre 3 a 6 km/h, correspondendo a uma brisa leve que apenas movimenta a folhagem (Melhorança *et al.*, 2015).

Os maiores R^2 foram observados nas variáveis de custo Fertz e Agtx, registrando ambos um valor de 0,95. Essa consistência sugere um poder preditivo significativo desses fatores climáticos sobre os custos associados a Fertilizantes e Agrotóxicos. As variáveis que exibiram significância estatística e apresentaram distribuição normal para os resíduos foram OpMáq, MO e Fertz, enquanto as que demonstraram independência foram MO, Fertz e Agtx.

Ao compararmos as variáveis significativas na Região Norte entre 1ª e 2ª safra, destaca-se a constância dos custos com Fertz e Agtx em ambas as fases vegetativas. Além disso, na fase vegetativa da 1ª safra, observa-se significância estatística para os custos com EncSoc e OpMáq. Quanto à fase reprodutiva, como mencionado anteriormente, a falta de dados climáticos suficientes impossibilitou a estimativa dos modelos de regressão específicos para essa etapa. Por outro lado, na fase reprodutiva da 2ª safra, surgem como relevantes os custos com OpMáq, MO e Fertz.

A Tabela 28 destaca a fase vegetativa da 1ª safra de milho na Região Nordeste, incluindo os municípios de Barreiras, BA, Balsas, MA, Uruçuí, PI, e Carira, SE.

Tabela 28 - Análise da 1ª safra de milho na Região Nordeste (Barreiras, BA, Balsas, MA, Uruçuí, PI, Carira, SE) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	4,37 (0,771)	-8,71 (0,187)	-13,91 (0,686)	-255,19 (0,132)	-3,18 (0,921)	58,50 (0,102)	-1,89 (0,630)	-2,99 (0,044)
RadGlob	-0,54 (0,015)	0,25 (0,009)	0,10 (0,826)	2,25 (0,321)	-0,30 (0,502)	0,13 (0,783)	0,12 (0,029)	0,05 (0,021)
UmidRel	12,97 (<0,001)	4,22 (0,003)	-21,09 (0,005)	-35,31 (0,276)	-1,03 (0,869)	-7,68 (0,260)	-0,93 (0,233)	0,15 (0,590)
VentVel	86,06 (0,032)	47,09 (0,008)	105,83 (0,227)	-1152,65 (0,011)	-226,91 (0,010)	-162,46 (0,072)	-8,99 (0,364)	9,25 (0,015)
TempMx	581,63 (0,008)	167,56 (0,060)	-885,96 (0,062)	-270,45 (0,900)	764,77 (0,084)	687,31 (0,142)	-44,99 (0,388)	10,41 (0,575)
TempMn	-615,48 (0,007)	-195,3 (0,036)	958,37 (0,052)	245,49 (0,912)	-811,06 (0,076)	-739,29 (0,127)	49,45 (0,358)	-15,37 (0,424)
R ²	0,72	0,96	0,63	0,45	0,73	0,66	0,51	0,93

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Com base nos dados da Tabela 28, referente a fase vegetativa da 1ª safra de milho da Região Nordeste, foi constatado que os custos associados à OpMáq diminuíram com o aumento da RadGlob e TempMn. Por outro lado, esses custos aumentaram proporcionalmente à UmidRel, VentVel e TempMx. Por sua vez, os custos com MO aumentaram em relação ao aumento da RadGlob, UmidRel e VentVel, mas demonstraram uma redução à medida que a TempMn aumentou.

Esses aumentos nos custos de OpMáq e MO se justificam nas últimas etapas fenológicas da fase vegetativa, um período crítico que se estende até a polinização e confirma o potencial de produção de grãos. No entanto, deficiências nutricionais, escassez de água, condições climáticas adversas ou o surgimento de pragas e doenças (algumas transportadas pelo vento que se proliferam com o aumento da umidade e temperatura), podem impactar significativamente na produção. Isso demanda a implementação de medidas de manejo adicionais, como reposição de nutrientes e controle de patógenos para o bom desenvolvimento da lavoura (Fancelli, 2017). No entanto, as reduções nestes custos não se justificam pelo exposto acima.

Os custos associados à Semet diminuíram com o aumento da UmidRel e aumentaram conforme a elevação da TempMn. Esperava-se um aumento nos custos em ambas as situações, considerando que altos níveis de umidade favorecem o surgimento de patógenos e pragas, como já mencionado anteriormente, havendo casos em que ocorre a morte da planta. Da mesma forma, baixas temperaturas podem prejudicar a germinação e crescimento, afeta também diretamente o metabolismo fotossintético das plantas (Embrapa, 2015; Souza; Barbosa, 2015). Nessas circunstâncias, as medidas de manejo, como o replantio, acarretam um ônus adicional nos custos.

Por outro lado, os custos relativos a Fertz e Agtx decresceram em relação ao aumento do VentVel. Era esperado um aumento nesses custos, como já mencionado, a velocidade do vento pode aumentar as perdas por volatilização e deriva, reduzindo a eficácia dos insumos aplicados. O vento intenso pode dispersar os produtos aplicados para áreas não destinadas (Embrapa, 2015).

No que diz respeito aos custos com MaBenInst houve um aumento correspondente ao aumento da RadGlob. No entanto essa relação parece ser mais evidente com a variável

climática VentVel. Fortes ventos e tempestades provocaram danos extensivos em propriedades agrícolas, afetando não apenas as lavouras, mas também insumos, maquinário, equipamentos e a infraestrutura em geral na região de Santa Catarina em 2020 (Giehl *et al.*, 2020).

Os custos com EncSoc aumentaram conforme o aumento da RadGlob e conforme o aumento do VentVel. No entanto, registraram uma redução com o aumento da Precipitação Total (PrecipTt). Considerando a fase vegetativa, esses fatores podem beneficiar as plantas, o vento é importantíssimo na polinização do milho. A planta, ao contar com fatores abióticos ideais como luz, água e temperatura, durante a fase vegetativa, pode otimizar sua fisiologia e desempenho, alcançando um estado fisiológico equilibrado. Nesse contexto, esperava-se uma redução nos custos em todas as relações (Embrapa, 2015; Landau; Magalhães; Durães, 2021).

Nota-se que, dentre os custos apresentados, os de MO e EncSoc foram os que alcançaram os maiores R², registrando 0,96 e 0,93, respectivamente. Entre as variáveis que mostraram significância estatística, apenas Fertz apresentou resíduos que não têm distribuição normal e são dependentes, ao passo que o restante apresentou distribuição normal com resíduos independentes.

A Tabela 29 apresenta a fase reprodutiva da 1ª safra de milho na Região Nordeste, considerando os municípios de Barreiras, BA, Balsas, MA, Uruçuí, PI, e Carira, SE.

Tabela 29 - Análise da 1ª safra de milho na Região Nordeste (Barreiras, BA, Balsas, MA, Uruçuí, PI, Carira, SE) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-36,90 (0,144)	-25,86 (0,235)	115,95 (0,102)	103,19 (0,639)	11,45 (0,865)	141,74 (0,026)	-0,34 (0,954)	-4,60 (0,207)
RadGlob	-0,16 (0,253)	0,40 (0,004)	-0,45 (0,260)	-0,94 (0,458)	-0,58 (0,147)	-0,07 (0,846)	0,09 (0,017)	0,07 (0,003)
UmidRel	1,20 (0,767)	-3,90 (0,276)	12,72 (0,266)	39,40 (0,283)	7,49 (0,503)	-5,23 (0,593)	-0,25 (0,799)	-0,78 (0,196)
VentVel	15,22 (0,686)	80,15 (0,023)	57,00 (0,588)	19,73 (0,953)	-108,51 (0,303)	-149,71 (0,112)	-11,16 (0,224)	9,15 (0,107)
TempMx	155,39 (0,447)	125,84 (0,480)	126,09 (0,823)	335,29 (0,853)	209,00 (0,709)	-179,26 (0,715)	23,28 (0,632)	12,28 (0,678)
TempMn	-155,82 (0,474)	-145,87 (0,442)	-142,42 (0,813)	-538,57 (0,781)	-218,05 (0,715)	195,91 (0,708)	-28,00 (0,589)	-14,32 (0,649)
R ²	0,22	0,83	0,37	0,58	0,49	0,57	0,53	0,81

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na fase reprodutiva da 1^a safra de milho na Região Nordeste, os dados apresentados na Tabela 29 indicam que os custos com MO aumentaram em consonância com o aumento da RadGlob e VentVel. Esse aumento pode estar relacionado à proximidade da colheita, onde uma exposição solar adequada favorece a fotossíntese, contribuindo para o desenvolvimento e formação dos grãos. Porém, essa condição otimizada também pode exigir mais trabalho humano, especialmente durante a colheita, para lidar com o aumento da produção e garantir a colheita no momento ideal.

Quanto ao aumento da MO devido ao aumento do VentVel pode ser a necessidade de medidas de manejo frente às podridões do colmo na cultura do milho. Essas podridões podem ocorrer antes da fase de enchimento dos grãos ou após a maturação fisiológica, principalmente em plantas senescentes. As perdas na produção decorrem do tombamento das plantas, dificultando a colheita mecânica e expondo as espigas à ação de roedores e ao apodrecimento pelo contato com o solo. O tombamento das plantas é influenciado pelo peso e altura da espiga, quantidade de colmo apodrecido, e incidência de ventos (Costa; Casela; Cota, 2021).

Quanto aos custos de MaBenInst e EncSoc registrou-se um aumento proporcional ao aumento da RadGlob. Com já mencionado a relação de custo de MaBenInst parece ser mais evidente quando consideramos a influência do vento. Em que, fortes rajadas de ventos e tempestades ocorridas em 2020 em Santa Catarina resultaram em danos extensivos nas propriedades agrícolas e lavouras. (Giehl *et al.*, 2020). Assim como na fase vegetativa os custos com MO e EncSoc foram os que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R^2), registrando valores de 0,83 e 0,81, respectivamente.

Quanto ao pressuposto de normalidade, todas as variáveis com significância estatística apresentaram distribuição normal. No que diz respeito ao pressuposto de autocorrelação, as variáveis MO e MaBenInst apresentaram resíduos dependentes, enquanto Deprec3 e EncSoc exibiram independência.

Uma informação adicional relevante é que, na Região Nordeste, período da 2^a safra de milho (município de Balsas, MA), os dados disponíveis não foram suficientes para estimar os modelos de regressão nas fases vegetativa e reprodutiva. Consequentemente, não foi possível realizar um comparativo das variáveis significativas entre ambas as safras nesse contexto específico.

Apesar dessa limitação, destacam-se as variáveis que demonstraram significância estatística, tanto na fase vegetativa, quanto na reprodutiva da 1ª safra na Região Nordeste. Entre elas, incluem-se MO, MaBenInst e EncSoc. Adicionalmente, OpMáq, Semet, Fertz e Agtx mostraram-se significativas apenas na fase vegetativa e Depre3 apenas na fase reprodutiva. Apesar da impossibilidade de comparar diretamente com a 2ª safra, essas observações ressaltam a importância dessas variáveis na dinâmica dos custos de produção na Região Nordeste.

A Tabela 30 destaca a fase vegetativa da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste, abrangendo os municípios de Rio Verde, GO, Chapadão do Sul, MS, e Primavera do Leste, MT.

Tabela 30 - Análise da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Chapadão do Sul, MS, Primavera do Leste, MT) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-85,54 (0,379)	-68,70 (0,234)	150,92 (0,402)	-141,11 (0,705)	201,27 (0,627)	5,47 (0,956)	1,70 (0,983)	250,32 (0,555)
RadGlob	1,41 (0,355)	1,84 (0,100)	-2,69 (0,348)	-3,18 (0,590)	-2,70 (0,671)	0,14 (0,926)	-1,46 (0,323)	2,33 (0,714)
UmidRel	23,70 (0,519)	21,59 (0,315)	-23,15 (0,724)	-6,20 (0,966)	-35,83 (0,824)	6,45 (0,872)	-26,46 (0,457)	14,11 (0,930)
VentVel	146,21 (0,733)	326,82 (0,242)	-291,20 (0,717)	390,85 (0,827)	-385,43 (0,844)	-209,94 (0,674)	12,00 (0,976)	1390,19 (0,508)
TempMx	896,93 (0,652)	926,00 (0,416)	-688,56 (0,849)	2131,49 (0,792)	-2181,86 (0,808)	-166,09 (0,941)	-921,29 (0,626)	3671,25 (0,690)
TempMn	-800,54 (0,692)	-857,08 (0,455)	543,62 (0,883)	-2112,93 (0,802)	2014,23 (0,827)	182,79 (0,936)	899,60 (0,642)	-3863,79 (0,682)
R ²	0,67	0,89	0,66	0,59	0,44	0,54	0,79	0,70

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na análise dos dados apresentados na Tabela 30, referente à fase vegetativa da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste, observa-se a ausência de significância estatística para as variáveis de custo. Esse resultado sugere que, para esse conjunto específico de dados e variáveis consideradas, não foi possível identificar relações estatisticamente

significativas entre os fatores climáticos e os custos de produção durante essa fase específica do cultivo de milho na Região Centro-Oeste.

A Tabela 31 demonstra a análise da fase reprodutiva da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste, contemplando os municípios de Rio Verde, GO, Chapadão do Sul, MS, e Primavera do Leste, MT.

Tabela 31 - Análise da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Chapadão do Sul, MS, Primavera do Leste, MT) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-22,53 (0,086)	-1,21 (0,890)	51,05 (0,279)	-116,22 (0,687)	-52,99 (0,398)	-25,90 (0,650)	10,85 (0,871)	296,33 (0,165)
RadGlob	-0,70 (0,045)	-0,11 (0,591)	0,50 (0,571)	-4,35 (0,505)	-0,40 (0,745)	-0,24 (0,845)	0,81 (0,589)	-0,46 (0,891)
UmidRel	-4,52 (0,256)	-4,07 (0,323)	0,81 (0,959)	1,68 (0,988)	26,14 (0,324)	4,48 (0,843)	-10,62 (0,701)	-4,16 (0,948)
VentVel	241,06 (0,132)	15,37 (0,898)	-480,99 (0,421)	1428,83 (0,719)	939,40 (0,305)	-30,44 (0,968)	-313,35 (0,738)	40,39 (0,985)
TempMx	745,88 (0,018)	63,48 (0,619)	-335,82 (0,564)	724,19 (0,857)	-2764,04 (0,059)	282,70 (0,723)	-1360,18 (0,245)	2001,68 (0,413)
TempMn	-725,09 (0,022)	-76,77 (0,582)	392,05 (0,537)	-508,59 (0,906)	2791,77 (0,067)	-261,67 (0,761)	-1415,75 (0,258)	-2244,57 (0,400)
R ²	0,99	0,99	0,95	0,36	0,97	0,62	0,64	0,88

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Ainda considerando a região centro Oeste, na fase reprodutiva do milho 1ª safra, nota-se que apenas a variável de custo relacionada a OpMáq demonstrou significância estatística. Esta variável apresentou uma diminuição em conformidade com o aumento da RadGlob e da TempMn, porém, evidenciou um aumento proporcional ao aumento da TempMx.

A diminuição dos custos com a operação de máquinas na fase reprodutiva pode ser justificada pela importância fundamental da radiação solar para as plantas de milho. Sem essa radiação, o processo fotossintético é inibido, limitando o potencial produtivo das plantas. Adicionalmente, a radiação solar influencia na incidência de doenças, podendo reduzir, por exemplo, o número de pulverizações necessárias. Plantas mais vigorosas,

impulsionadas pela presença adequada de radiação solar, tendem a apresentar menor suscetibilidade a doenças e pragas. (Embrapa, 2015; Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

A cultura do milho requer condições ideais dos fatores climáticos, como temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, para expressar plenamente seu potencial genético de produção. Isso resulta em menores custos com maquinário, pois quando esses fatores climáticos estão em níveis ótimos, a planta tende a maximizar sua eficiência produtiva (Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

A variável de custo OpMáq apresentou um elevado coeficiente de determinação (R^2) de 0,99, sugerindo um poder preditivo significativo desses fatores climáticos sobre os custos associados à operação com máquinas. Entretanto, seus resíduos não exibiram distribuição normal e são independentes.

A Tabela 32 destaca a fase vegetativa da 2ª safra de milho na Região Centro-Oeste, abrangendo os municípios de Rio Verde, GO, Cristalina, GO, Chapadão do Sul, MS, Dourados, MS, Primavera do Leste, MT, Campo Verde, MT, Campo Novo do Parecis, MT, e Sorriso, MT.

Tabela 32 - Análise da 2ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Cristalina, GO, Chapadão do Sul, MS, Dourados, MS, Primavera do Leste, MT, Campo Verde, MT, Campo Novo do Parecis, MT, Sorriso, MT) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-5,87 (0,458)	-5,94 (0,076)	13,53 (0,385)	13,23 (0,768)	38,11 (0,005)	-7,19 (0,513)	3,19 (0,303)	-1,38 (0,14)
RadGlob	-0,14 (0,008)	0,02 (0,301)	0,07 (0,479)	-0,19 (0,508)	0,10 (0,246)	-0,31 (<0,001)	-0,01 (0,781)	0,01 (0,446)
UmidRel	1,65 (0,082)	0,01 (0,978)	-0,16 (0,931)	1,43 (0,788)	1,59 (0,307)	-0,03 (0,979)	0,10 (0,778)	0,02 (0,889)
VentVel	69,22 (0,005)	-9,00 (0,372)	-17,98 (0,704)	84,72 (0,535)	29,43 (0,458)	103,54 (0,003)	-15,04 (0,112)	-3,71 (0,198)
TempMx	15,54 (0,740)	27,92 (0,158)	88,11 (0,341)	458,06 (0,089)	41,52 (0,592)	46,02 (0,481)	40,14 (0,031)	15,03 (0,009)
TempMn	-16,37 (0,748)	-33,82 (0,117)	-118,33 (0,241)	-437,63 (0,134)	-8,50 (0,919)	-50,63 (0,477)	-48,59 (0,017)	-18,18 (0,004)
R ²	0,25	0,14	0,12	0,09	0,26	0,33	0,16	0,24

R^2 : Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na análise da 2ª safra na Região Centro-Oeste, durante a fase vegetativa, observou-se que o custo relacionado com OpMáq diminuiu de acordo com o aumento da RadGlob e aumentou com o aumento do VentVel. Era esperado um aumento em ambas as relações devido à sazonalidade desfavorável do plantio do milho de segunda safra em comparação com o plantio do milho de primeira safra, o qual sofre limitações significativas de radiação solar. Atrasos no plantio reduzem o potencial e aumentam o risco de perdas por seca e/ou geadas. O vento é particularmente prejudicial na fase reprodutiva, causando tombamento das plantas, e na fase vegetativa, com possíveis perdas de folhas durante o estágio VT (pendoamento), afetando negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (Fancelli, 2017).

Adicionalmente, os custos com Agtx aumentaram proporcionalmente ao aumento da PrecipTt. Conforme Contiero, Biffe e Catapan (2018), todo defensivo requer um período para ser absorvido. Em aplicações foliares, se ocorrer chuvas antes da absorção completa do produto, esse pode escorrer e ser perdido no solo. Portanto, esses aumentos nos custos são justificados.

O custo associado à Depre3 segue a mesma tendência identificada no custo de OpMáq, diminuiu conforme o aumento da RadGlob e aumentou de acordo com o VentVel. No entanto, previa-se um aumento nos custos em ambas as relações, devido às condições desfavoráveis no cultivo do milho de segunda safra, o qual recebe menor exposição solar. O mesmo se aplica ao impacto do vento, ocasionando o tombamento das plantas durante a fase reprodutiva, bem como possíveis perdas de folhas no estágio VT (pendoamento) durante a fase vegetativa (Fancelli, 2017).

Também foi observado um aumento nos custos de MaBenInst com o aumento da TempMx e uma diminuição conforme a TempMn. O mesmo comportamento foi evidenciado nos custos dos EncSoc com aumentos e diminuições de acordo com a TempMx e TempMn, respectivamente. Conforme já mencionado em análises de outras regiões, a literatura aponta evidências da relação de custo MaBenInst com a variável Velocidade do Vento (VentVel) (Epagri, 2020).

Quanto aos custos dos EncSoc, era esperado um aumento em ambas as relações, devido ao impacto negativo tanto do aumento da temperatura máxima quanto da temperatura mínima nas fases iniciais do crescimento das plantas. As flutuações de temperatura afetam os processos metabólicos da planta, ocorrendo dentro dos limites tolerados, entre 10°C e 30°C. Temperaturas abaixo de 10°C por longos períodos, o

crescimento da planta é praticamente inexistente, e o mesmo ocorre com temperaturas acima de 30°C por longos períodos. Essas flutuações demandam medidas de manejo adicionais, acarretando custos. (Landau; Magalhães; Guimarães, 2021; Embrapa, 2015).

Os coeficientes de determinação mais significativos (R^2) foram observados nas variáveis de custo, destacando-se Depre3 e Agtx, com valores registrados de 0,33 e 0,26, respectivamente. Em relação ao pressuposto de normalidade, a análise dos dados revela que as variáveis OpMáq, Depre3, MaBenInst e EncSoc não seguem uma distribuição normal. Quanto ao teste de autocorrelação, verifica-se que os resíduos são independentes para OpMáq e Depre3, porém, apresentam dependência para Agtx e MabenInst.

Em continuidade à análise, a Tabela 33 destaca a fase reprodutiva da 2ª safra de milho na Região Centro-Oeste, englobando os municípios de Rio Verde, GO, Cristalina, GO, Chapadão do Sul, MS, Dourados, MS, Primavera do Leste, MT, Campo Verde, MT, Campo Novo do Parecis, MT, e Sorriso, MT.

Tabela 33 - Análise da 2ª safra de milho na Região Centro-Oeste (Rio Verde, GO, Cristalina, GO, Chapadão do Sul, MS, Dourados, MS, Primavera do Leste, MT, Campo Verde, MT, Campo Novo do Parecis, MT, Sorriso, MT) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-6,22 (0,630)	-7,50 (0,140)	20,75 (0,385)	53,46 (0,450)	33,40 (0,136)	-33,23 (0,078)	8,77 (0,066)	-3,94 (0,004)
RadGlob	-0,14 (0,089)	0,06 (0,076)	0,21 (0,156)	-0,30 (0,488)	0,16 (0,235)	-0,19 (0,094)	0,03 (0,299)	0,02 (0,004)
UmidRel	2,22 (0,061)	-0,04 (0,925)	0,19 (0,930)	-10,12 (0,117)	0,41 (0,839)	-0,31 (0,854)	0,47 (0,269)	0,02 (0,870)
VentVel	70,95 (0,005)	-5,94 (0,532)	-4,21 (0,925)	9,66 (0,942)	-70,89 (0,94)	112,06 (0,002)	-1,22 (0,891)	-3,04 (0,230)
TempMx	-2,33 (0,968)	17,35 (0,447)	72,87 (0,499)	512,63 (0,112)	-68,21 (0,497)	-40,06 (0,635)	34,33 (0,110)	6,15 (0,310)
TempMn	1,14 (0,985)	-20,05 (0,395)	-91,34 (0,413)	-508,81 (0,126)	66,10 (0,524)	44,61 (0,609)	-39,54 (0,076)	-7,39 (0,239)
R ²	0,17	0,18	0,12	0,07	0,11	0,21	0,19	0,38

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na fase reprodutiva, a tabela 33 também evidencia aumentos nos custos relacionados à OpMáq e Depre3 à medida que o VentVel aumenta, comportamento similar ao observado na

fase vegetativa. De acordo com Costa e Cota (2021) doenças foliares como a ferrugem tropical ou ferrugem branca são disseminadas pelos uredóporos (são estruturas de reprodução, esporos, produzidas por certos fungos), transportados pelo vento ou em material infectado. Esses patógenos, por serem menos dependentes de umidade, tendem a ser mais severos nos plantios de safrinha. Medidas de manejo incluem o plantio de cultivares resistentes e a aplicação de fungicidas em situações de alta pressão de doenças. Essas práticas contribuem para os aumentos nos custos de maquinário e, conseqüentemente, nos custos de depreciação, devido ao desgaste gerado pelo uso, conforme evidenciado nos resultados.

No que se refere ao custo dos EncSoc, há uma diminuição em conformidade com o aumento da PrecipTt e um aumento proporcional ao aumento da RadGlob. O milho é uma cultura muito exigente em água. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários. A ausência de déficit hídrico pode favorecer um metabolismo vegetal mais saudável, possibilitando um melhor desenvolvimento e enchimento dos grãos (Ladau; Magalhães; Guimarães, 2021). Isso, por sua vez, pode reduzir os custos associados ao EncSoc, que estão relacionados à mão de obra, uma vez que um suprimento hídrico suficiente pode diminuir as demandas de trabalho relacionadas outros cuidados intensivos.

Os custos mais altos nos EncSoc devido ao aumento da RadGlob são justificados próximo à colheita, uma vez que, ao atingir a maturidade fisiológica, os grãos atingem sua maior massa seca (entre 30 a 35% de umidade) e estão prontos para a colheita (Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016). Para garantir um desempenho eficiente da colhedora, minimizar perdas e obter grãos de alta qualidade, são necessários ajustes precisos para que as colhedoras operem de maneira eficaz durante todo o processo no campo (Mantovani, 2015). Isso geralmente demanda mais mão de obra, resultando no aumento dos encargos sociais.

Os dados indicam que todas as variáveis estatisticamente significativas exibem resíduos que não seguem uma distribuição normal. Destaca-se que OpMáq e Depre3 demonstram independência nos resíduos, enquanto EncSoc revela dependência, sendo essa variável de custo a que apresenta o maior coeficiente de determinação (R^2), atingindo 0,38.

Devido à falta de significância estatística das variáveis de custo para a 1ª safra de milho na região Centro-Oeste, durante a fase vegetativa, não foi possível realizar um comparativo das variáveis nesta fase em específico para ambas as safras. No entanto, destaca-se as variáveis significativas da 2ª safra, fase vegetativa, entre elas: OpMáq, Agtx, Depre3, MabenInst e EncSoc. Ao compararmos a fase reprodutiva entre ambas as safras, nota-se similaridade para OpMáq para ambas. Adicionalmente, Depre3 e EncSoc apenas na fase reprodutiva.

É relevante destacar que na Região Sudeste, período da 1ª safra de milho (município de Unaí, MG), os dados disponíveis não foram suficientes para estimar os modelos de regressão, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva.

A Tabela 34, destaca a análise da fase vegetativa da 2ª safra de milho na Região Sudeste, considerando os municípios de Unaí, MG, e Caldas, MG.

Tabela 34 - Análise da 2ª safra de milho na Região Sudeste (Unaí, MG, Caldas, MG) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-2,50 (0,949)	43,17 (0,336)	191,05 (0,396)	-471,90 (0,522)	-15,94 (0,907)	19,40 (0,876)	-3,13 (0,908)	19,67 (0,337)
RadGlob	-0,24 (0,492)	-0,28 (0,471)	-1,21 (0,535)	-3,69 (0,567)	0,13 (0,911)	-0,44 (0,686)	0,37 (0,161)	-0,13 (0,471)
UmidRel	1,37 (0,654)	2,92 (0,397)	10,57 (0,539)	-83,93 (0,170)	2,20 (0,835)	-3,80 (0,694)	1,25 (0,558)	1,33 (0,397)
VentVel	-115,01 (0,591)	115,97 (0,622)	484,16 (0,684)	-831,67 (0,832)	941,21 (0,230)	-252,50 (0,708)	-134,14 (0,378)	52,91 (0,622)
TempMx	164,37 (0,485)	169,34 (0,512)	997,17 (0,449)	1606,70 (0,708)	-269,54 (0,737)	337,19 (0,647)	-80,44 (0,619)	77,17 (0,513)
TempMn	-148,80 (0,491)	-170,54 (0,475)	-984,07 (0,419)	-1641,80 (0,678)	316,36 (0,670)	-387,46 (0,569)	90,30 (0,546)	-77,71 (0,475)
R ²	0,41	0,56	0,42	0,64	0,88	0,82	0,82	0,56

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na análise dos dados apresentados na Tabela 34, correspondente à fase vegetativa da 2ª safra de milho na Região Sudeste, observa-se a ausência de significância estatística para as variáveis de custo. Essa constatação indica que, para o conjunto específico de dados e variáveis consideradas, não foi possível estabelecer relações estatisticamente relevantes entre os fatores climáticos e os custos associados à produção durante essa fase do cultivo do milho na Região Sudeste. O mesmo padrão foi observado na fase vegetativa da 1ª safra de milho na Região Centro-Oeste.

A Tabela 35 apresenta a análise detalhada da fase reprodutiva da 2ª safra de milho na Região Sudeste, abrangendo os municípios de Unaí, MG, e Caldas, MG.

Tabela 35 - Análise da 2ª safra de milho na Região Sudeste (Unaí, MG, Caldas, MG) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	51,32 (0,222)	-14,18 (0,720)	48,08 (0,775)	633,05 (0,400)	105,62 (0,595)	79,57 (0,406)	69,51 (0,056)	-6,44 (0,720)
RadGlob	-0,08 (0,705)	-0,39 (0,133)	-1,94 (0,075)	-5,29 (0,226)	-0,56 (0,615)	-0,51 (0,350)	-0,15 (0,397)	-0,18 (0,113)
UmidRel	3,73 (0,263)	5,68 (0,109)	12,07 (0,384)	-111,01 (0,095)	-4,64 (0,769)	-2,30 (0,759)	-4,82 (0,086)	2,59 (0,109)
VentVel	14,74 (0,935)	204,10 (0,284)	899,95 (0,269)	-4748,81 (0,191)	1,27 (0,999)	205,53 (0,634)	-286,49 (0,078)	93,04 (0,283)
TempMx	203,69 (0,160)	163,74 (0,245)	927,75 (0,138)	-570,14 (0,817)	134,04 (0,840)	453,33 (0,183)	42,01 (0,686)	74,73 (0,245)
TempMn	-204,71 (0,166)	-155,29 (0,277)	-903,35 (0,154)	756,92 (0,764)	-46,87 (0,945)	-519,19 (0,142)	-14,89 (0,888)	-70,88 (0,276)
R ²	0,61	0,76	0,78	0,76	0,84	0,93	0,85	0,76

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na análise da fase reprodutiva da 2ª safra de milho na Região Sudeste (Unaí, MG, Caldas, MG), verifica-se a mesma tendência de falta de significância estatística, similar ao que foi evidenciado na fase vegetativa.

Não foi possível realizar a comparação das variáveis significativas entre as safras na Região Sudeste devido à insuficiência de dados para a 1ª safra, o que resultou na ausência de análises. Além disso, para a segunda safra, os dados não apresentaram significância estatística. Os resultados inesperados para esta região destacam a importância de considerar as particularidades e limitações dos dados ao conduzir análises e ressaltam a complexidade na identificação de padrões nas variáveis de custo ao longo das safras nessa região específica.

A Tabela 36 destaca a análise da fase vegetativa da 1ª safra de milho na Região Sul, considerando os municípios de Passo Fundo, RS, São Luiz Gonzaga, RS, Canguçu, RS, e Campos Novos, SC.

Tabela 36 - Análise da 1ª safra de milho na Região Sul (Passo Fundo, RS, São Luiz Gonzaga, RS, Canguçu, RS, Campos Novos, SC) - Fase vegetativa (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	-71,95 (0,515)	-31,23 (0,697)	-43,23 (0,840)	-1333,76 (0,141)	-78,31 (0,496)	-87,70 (0,512)	-121,15 (0,140)	-23,99 (0,296)
RadGlob	-0,29 (0,616)	0,64 (0,142)	-3,62 (0,005)	-5,47 (0,241)	-0,48 (0,422)	-0,73 (0,299)	0,00 (1,000)	-0,10 (0,396)
UmidRel	11,79 (0,356)	2,00 (0,828)	53,80 (0,043)	177,73 (0,092)	16,43 (0,222)	28,35 (0,079)	-12,49 (0,183)	1,25 (0,629)
VentVel	-362,58 (0,003)	220,41 (0,009)	-824,94 (<0,001)	-3113,94 (0,002)	-385,84 (0,002)	-197,99 (0,126)	91,93 (0,224)	-46,21 (0,042)
TempMx	774,67 (0,275)	-835,41 (0,116)	6282,89 (<0,001)	11466,18 (0,053)	1123,68 (0,135)	1780,27 (0,049)	-603,92 (0,239)	78,37 (0,584)
TempMn	-812,22 (0,261)	847,79 (0,116)	-6436,27 (<0,001)	-12330,31 (0,042)	-1164,17 (0,128)	-1859,92 (0,044)	648,67 (0,215)	-81,18 (0,577)
R ²	0,60	0,65	0,76	0,61	0,61	0,38	0,53	0,27

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na Região Sul, durante a fase vegetativa da 1ª safra de milho, a tabela 36 demonstra que o custo relacionado à OpMáq diminuiu, enquanto o de MO aumentou proporcionalmente ao aumento do VentVel. Nesse estágio inicial, o controle de pragas, como a larva alfinete, é essencial. Essas pragas podem causar o acamamento das plantas em condições de ventos fortes e alta precipitação (3,5 larvas por planta são suficientes para causar danos ao sistema radicular). O uso de inseticidas químicos, como tratamento de sementes, granulados e pulverização no sulco de plantio, é comum para combater esse problema (Embrapa, 2015; Viana; Cruz; Waquil, 2021). Esses fatores indicavam a expectativa de aumento nos custos de maquinário como o ocorrido na mão de obra devido às demandas extras em condições climáticas adversas.

Observa-se que o custo com Semet teve uma redução em conformidade com o aumento da RadGlob, VentVel, e da TempMn. No entanto, esse custo apresentou aumentos de acordo com o aumento da UmidRel e da TempMx. A maior disponibilidade de radiação solar favorece a germinação e o crescimento inicial das plantas, enquanto um aumento moderado na velocidade do vento pode contribuir para dispersão e polinização (fator abiótico importantíssimo na polinização do milho), reduzindo os custos. No entanto, baixas temperaturas podem prejudicar a germinação e crescimento, aumentando a necessidade de replantio. Por outro lado, altos níveis de umidade favorecem o surgimento de patógenos e

pragas, assim como, temperaturas muito altas também podem comprometer a germinação e a qualidade das sementes, gerando custos extras para substituição (Embrapa, 2015).

O custo com Fertz diminuiu em relação ao aumento do VentVel e da TempMn, mas aumentou conforme a TempMx. Na fase vegetativa, a demanda da planta por nutrientes como potássio, nitrogênio, fósforo e água aumenta, o que pode influenciar no custo dos fertilizantes. O aumento do vento durante a aplicação afeta a distribuição uniforme desses insumos, especialmente devido à sua finura (quando sólidos), levando a perdas significativas durante a aplicação. (Ciampitti; Elmore, Laur, 2016; Coelho *et al.* 2021) Dessa forma, era esperado um aumento no custo com Fertz, pois quando não há uniformidade na aplicação, há mais gastos com insumos. Não foi encontrado na literatura a relação deste custo com TempMx e TempMn.

Ademais, os custos com Agtx e EncSoc diminuíram em consonância com o aumento do VentVel, enquanto os custos com Depre3 aumentaram de acordo com a TempMx e diminuíram com o aumento da TempMn. Era esperado que os custos com Agtx aumentassem com o aumento da velocidade do vento, pois a literatura apresenta que a aplicação de herbicidas não deve ser realizada na presença de ventos (Melhorança *et al.*, 2015; Contiero; Biffe; Catapan, 2018).

Também era previsto que o custo com EncSoc aumentasse com o aumento do VentVel, especialmente na fase vegetativa, visto que ventos intensos podem causar danos às folhas já formadas, e os vendavais fazem maiores danos em lavouras de milho na medida em que as plantas alongam seu colmo (Bergamaschi; Matzenauer, 2014). Esses danos acarretam custos adicionais relacionados à mão de obra para medidas de manejo, refletindo o aumento dos EncSoc.

Quanto aos aumentos e diminuições relativos a Depre3 embora a depreciação seja um custo fixo no sentido contábil, em termos práticos e na análise econômica, variações nas temperaturas podem influenciar indiretamente o custo total de depreciação, dependendo do impacto que essas variações têm sobre o desgaste e a utilização dos ativos.

Os coeficientes de determinação (R^2) mais elevados foram identificados nas variáveis de custo MO e Semet, apresentando valores de 0,65 e 0,76, respectivamente. Nota-se que, entre as variáveis significativas, apenas Depre3 e EncSoc não demonstraram resíduos com distribuição normal, e não exibem autocorrelação, sendo consideradas independentes.

Continuando com a análise, a Tabela 37 apresenta a fase reprodutiva da 1ª safra de milho na Região Sul, abrangendo os municípios de Passo Fundo, RS, São Luiz Gonzaga, RS, Canguçu, RS, e Campos Novos, SC.

Tabela 37 - Análise da 1ª safra de milho na Região Sul (Passo Fundo, RS, São Luiz Gonzaga, RS, Canguçu, RS, Campos Novos, SC) - Fase reprodutiva (Valores entre parênteses correspondem ao valor-p dos coeficientes estimados e os valores em negrito foram significativos ao nível nominal de significância de 0,05)

	OpMáq	MO	Semet	Fertz	Agtx	Depre3	MaBenInst	EncSoc
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
PrecipTt	150,28 (0,182)	-136,01 (0,050)	339,12 (0,158)	1693,37 (0,053)	157,04 (0,205)	214,61 (0,063)	34,85 (0,701)	-27,16 (0,236)
RadGlob	0,21 (0,876)	0,78 (0,342)	-0,62 (0,830)	-4,28 (0,675)	0,24 (0,875)	0,90 (0,511)	-0,43 (0,702)	0,09 (0,755)
UmidRel	1,90 (0,858)	-1,47 (0,814)	54,39 (0,027)	59,12 (0,460)	5,34 (0,648)	13,48 (0,213)	-4,53 (0,607)	0,04 (0,987)
VentVel	-232,09 (0,049)	286,82 (<0,001)	-913,98 (0,001)	-1291,57 (0,132)	-251,06 (0,053)	-18,28 (0,867)	81,86 (0,376)	-18,94 (0,406)
TempMx	601,89 (0,693)	-1446,28 (0,125)	4315,84 (0,195)	12912,97 (0,268)	488,25 (0,772)	151,55 (0,920)	389,22 (0,759)	-74,77 (0,811)
TempMn	-653,52 (0,670)	1452,00 (0,125)	-4630,20 (0,168)	-13763,85 (0,241)	-543,73 (0,748)	-308,59 (0,839)	-394,39 (0,757)	78,33 (0,803)
R ²	0,58	0,76	0,70	0,63	0,54	0,56	0,35	0,24

R²: Coeficiente de determinação.

Variáveis de Custo: OpMáq: Operação com Máquinas; MO: Mão de obra; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação; MaBenInst: Manutenção de Benfeitorias e Instalações; EncSoc: Encargos Sociais.

Variáveis Climáticas: PrecipTt - Precipitação Total (mm); RadGlob - Radiação Global (kJ/m²); UmidRel - Umidade Relativa do ar (%); VentVel - Vento Velocidade (m/s); TempMx - Temperatura Máxima (°C); TempMn - Temperatura Mínima (°C).

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Na fase reprodutiva da Região Sul, nota-se um comportamento semelhante ao observado na fase vegetativa em relação à variável climática VentVel e as variáveis de custo OpMáq, MO, Semet e Agtx. O custo relacionado à OpMáq diminuiu, enquanto o de MO aumentou proporcionalmente ao aumento do VentVel e também apresentou reduções com o aumento da PrecipTt.

Na fase reprodutiva, é importante considerar que o aumento do vento e da precipitação pode desencadear a infestação de doenças, pragas e insetos, como gorgulhos e traças. Além disso, a presença de pássaros e as condições climáticas, como chuvas e ventos, podem contribuir para perdas significativas devido a atrasos na colheita. A ocorrência de chuvas durante a pré-colheita e colheita, levando à penetração de água na espiga, é uma das principais causas de perdas de grãos (Santos, 2021). Dessa forma, considerando esses fatores, era esperado um aumento nos custos com maquinário, como o ocorrido com a mão de obra, devido aos desafios enfrentados durante a colheita em condições climáticas adversas, que tendem a demandar mais recursos e esforços para a realização das tarefas agrícolas.

Além disso, observa-se que o custo com Semet diminuiu conforme o aumento do VentVel, e aumentou com o aumento da UmidRel. É mais comum esperar uma relação entre esta variável de custo e as climáticas durante as fases iniciais de desenvolvimento (vegetativa).

No entanto, ventos fortes e condições de umidade irregulares podem impactar indiretamente o desenvolvimento das plantas, especialmente na fase reprodutiva, afetando a produtividade. Essas variações podem influenciar os custos de produção, mas não há uma relação direta entre os custos das sementes e as variações específicas de vento ou umidade nesta fase em específico.

Já o custo com Agtx diminuiu à medida que a VentVel aumentou. Esse resultado contradiz a expectativa, dado que Contiero, Biffe e Catapan (2018) recomendam evitar a aplicação em dias com ventos fortes para minimizar a deriva de produtos químicos.

Da mesma forma que na fase vegetativa, as variáveis de custo MO e Semet mantiveram os coeficientes de determinação mais elevados, registrando valores de 0,76 e 0,70, respectivamente. Importante ressaltar que nesta fase, todas as variáveis com significância estatística exibiram resíduos com distribuição normal e independência.

Observa-se, entretanto, que durante o período analisado na Região Sul, não havia municípios que produzissem milho na 2ª safra. Portanto, não existem informações específicas dessa região para essa safra dentro do escopo deste estudo.

Devido ao exposto acima, não foi possível realizar um comparativo das variáveis significativas entre a 1ª e 2ª safra. No entanto, é válido observar que os custos com MO e Agtx apresentaram significância estatística tanto na fase vegetativa quanto reprodutiva na Região Sul. Fertz, Depre3 e EncSoc demonstraram significância na fase vegetativa, enquanto Opmáq e Semet mostraram-se significativas na fase reprodutiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo consistiu em verificar o comportamento dos custos (operação com máquinas, mão de obra, sementes, fertilizantes, agrotóxicos, depreciação de benfeitorias, instalações, máquinas e implementos, manutenção periódica de benfeitorias/instalações e encargos sociais) nas fases vegetativa e reprodutiva da produção do milho, em relação aos fatores climáticos (precipitação total, radiação global, umidade relativa do ar, vento velocidade horária, temperatura máxima, temperatura mínima), nas principais regiões produtoras do Brasil. O estudo abrangeu a cultura do milho de 1ª e 2ª safra no período de 2013 a 2022.

Observou-se durante as análises que, nas duas safras os custos associados aos fertilizantes, sementes e agrotóxicos representaram os elementos mais onerosos na composição do custo de produção. A elevação dos preços desses insumos pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo a sua maior suscetibilidade a flutuações cambiais e instabilidades externas, o crescimento da demanda global e a insuficiência de investimentos destinados ao aumento da produção nacional.

O estudo revelou divergências no comportamento dos custos em relação aos fatores climáticos entre as regiões nas análises de regressão. Ao concentrar a análise na Região Norte, ressalta-se a presença de associação estatística entre todas as variáveis climáticas e os custos relacionados à operação com máquinas, mão de obra, fertilizantes, agrotóxicos e encargos sociais. Na Região Nordeste, todas as variáveis de custo mostraram associações com variações, evidenciando aumentos e reduções em resposta às alterações nas condições climáticas.

Na Região Centro-Oeste, é notável que, das variáveis analisadas, mão de obra, sementes e fertilizantes não apresentaram associações com as variáveis climáticas, assim como a umidade relativa não demonstrou relação com os custos nesta região específica. Na Região Sudeste, nenhuma variável de custo mostrou associação estatística com as variáveis climáticas. Por outro lado, na Região Sul, observam-se associações em quase todas as variáveis, sendo a única exceção o custo com manutenção de benfeitorias/instalações. Essas observações fornecem informações importantes sobre as dinâmicas regionais, destacando que existe uma relação entre fatores climáticos e os custos associados à produção de milho, apresentando variações ao longo dessa relação.

Além das disparidades entre as regiões, as análises evidenciaram variações significativas entre as safras nas regressões. Durante a 1ª safra na Região Centro-Oeste, fase vegetativa, não foi observada associação estatística entre custos e fatores climáticos nos dados.

Por outro lado, na 2ª safra, na Região Sudeste, notou-se a ausência de associação em ambas as fases, tanto vegetativa quanto reprodutiva, da produção de milho. Em contrapartida, nas demais regiões, foram identificadas associações nos dados analisados.

Ainda na análise da relação entre custos e fatores climáticos, os resultados evidenciaram as variáveis de custo que apresentaram associações estatísticas entre regiões e safras. Ao compararmos as variáveis na Região Norte entre 1ª e 2ª safra, destaca-se a constância dos custos com Fertz e Agtx em ambas, na fase vegetativa. Adicionalmente, na fase vegetativa da 1ª safra, observa-se associação estatística para os custos com EncSoc e OpMáq. Quanto à fase reprodutiva, conforme mencionado anteriormente, a falta de dados climáticos suficientes impossibilitou a estimativa dos modelos de regressão específicos para essa etapa. Por outro lado, na fase reprodutiva da 2ª safra, surgem como relevantes os custos com OpMáq, MO e Fertz.

Apesar da limitação na Região Nordeste para a 2ª safra (dados insuficientes impediram análises de regressão nas fases vegetativa e reprodutiva), destacam-se as variáveis que demonstraram associações estatísticas, tanto na fase vegetativa, quanto na reprodutiva da 1ª safra na Região Nordeste. Entre elas, incluem-se MO, MaBenInst e EncSoc. Além disso, OpMáq, Semet, Fertz e Agtx mostraram-se relação apenas na fase vegetativa, enquanto Depre3 apresentou associação apenas na fase reprodutiva. Embora a comparação direta com a 2ª safra não foi possível, essas observações ressaltam a importância dessas variáveis na dinâmica dos custos de produção na região.

Quanto a Região Centro-Oeste, devido à falta de significância estatística das variáveis de custo para a 1ª safra de milho na região, especificamente na fase vegetativa, não foi possível realizar um comparativo das variáveis nesta fase em específico para ambas as safras. No entanto, destacam-se as variáveis que apresentaram associações na 2ª safra, fase vegetativa, entre elas: OpMáq, Agtx, Depre3, MabenInst e EncSoc. Ao compararmos a fase reprodutiva entre ambas as safras, nota-se similaridade para OpMáq em ambas. Adicionalmente, Depre3 e EncSoc mostraram associação na fase reprodutiva (2ª safra).

Não foi possível realizar a comparação das variáveis significativas entre as safras na Região Sudeste devido à insuficiência de dados para a 1ª safra, o que resultou na ausência de análises. Além disso, para a segunda safra, os dados não apresentaram significância estatística.

Sobre a Região Sul, reitera-se a ausência de municípios que produzem milho de 2ª safra, conforme mencionado anteriormente. Devido a essa limitação, não foi possível realizar um comparativo das variáveis significativas entre a 1ª e 2ª safra. No entanto, é

valido observar que os custos com MO e Agtx apresentaram associações estatísticas na relação entre custos e fatores climáticos tanto na fase vegetativa quanto reprodutiva na Região Sul. Fertz, Depre3 e EncSoc demonstraram relação na fase vegetativa, enquanto Opmáq e Semet mostraram-se relação na fase reprodutiva.

Em relação às variáveis climáticas, todas mostraram associações estatísticas, mas com variações entre regiões e safras. Barros e Alves (2015), em seu estudo, apontaram que uma variação climática pode impactar o desenvolvimento da lavoura, especialmente no caso de uso de variedades de ciclo curto, como no caso do milho 2ª Safra.

No contexto da disponibilidade hídrica, os resultados indicaram que a precipitação total apresentou associação com encargo social e agrotóxico na fase vegetativa, e com mão de obra, depreciação e encargo social na fase reprodutiva.

No que se refere à radiação global, observa-se relação com mão de obra, operação com máquinas, encargos sociais, manutenção de benfeitorias/instalações, sementes, agrotóxicos e depreciação na fase vegetativa. Já na fase reprodutiva, mão de obra, encargo social, operação com máquina e manutenção de benfeitorias/instalações mostraram correlação.

No que diz respeito à umidade relativa, observa-se associação com as variáveis de custo agrotóxico, encargo social, operação com máquina, mão de obra e sementes na fase vegetativa. Na fase reprodutiva, a relação foi identificada com sementes e fertilizantes. Altos níveis de umidade favorecem o surgimento de patógenos e pragas, podem demandar mediadas de manejo (Embrapa, 2015).

Quanto à variável de velocidade do vento, observa-se relação com fertilizante, agrotóxico, mão de obra, operação com máquina, sementes e depreciação em ambas as fases de desenvolvimento (vegetativa e reprodutiva). Além disso, na fase vegetativa, há uma correlação identificada com a variável vento e encargo social. O vento é um fator abiótico importante na polinização do milho, desempenhando um papel significativo. No entanto, é importante notar que, dependendo da sua intensidade e quantidade, ele também pode resultar em danos à cultura (quebra e acamamento) principalmente na fase reprodutiva

A respeito da temperatura máxima e mínima, os dados indicam que, na fase vegetativa, houve associação com quase todas as variáveis, com exceção da mão de obra para a temperatura máxima e agrotóxico para a temperatura mínima. Já na fase reprodutiva, a associação ocorreu apenas com as variáveis de operação com máquinas e fertilizantes. Conforme Embrapa (2015), o limite tolerado de temperatura para o desenvolvimento do

milho está entre 10°C e 30°C, flutuações afetam o crescimento da planta. Temperaturas extremas, abaixo de 10°C ou acima de 30°C, demandam medidas de manejo adicionais, acarretando custos.

A análise da 1ª safra e 2ª safra em diferentes regiões do Brasil revela a complexidade das interações entre variáveis climáticas e custos de produção. Cada região apresenta respostas específicas, exigindo abordagens diferenciadas na gestão agrícola. Esses resultados demonstram a importância para a tomada de decisões, destacando a relevância para estratégias adaptativas e regionais para promover uma produção agrícola eficiente e sustentável em todo o país.

Além disso, a análise climática revelou que as condições meteorológicas variáveis entre os municípios podem impactar diretamente os custos de produção. Portanto, a complexidade das influências regionais, econômicas e climáticas desempenha um papel importante na determinação dos custos de produção de milho. Dessa maneira, compreender esses fatores é essencial para a implementação de estratégias de gestão eficazes e otimização dos recursos disponíveis.

Por fim, este estudo contribuiu significativamente para a pesquisa em gestão agrícola, fornecendo informações eficazes sobre a produção de milho, considerando as complexas interações entre variáveis climáticas e custos de produção. Vale destacar que após este estudo e percebendo as limitações encontradas na obtenção de informações, percebe-se a necessidade de uma Instituição Pública Acadêmica com a função de armazenar dados agrícolas para as pesquisas. Enfatiza-se a importância da sua criação para o auxílio de futuras pesquisas que poderão subsidiar o aprimoramento da produção agrícola do país.

Outro fator a ser destacado é a diferença entre o que é considerado custo pela contabilidade e o conceito de custo adotado pela Conab. Na contabilidade, os custos são categorizados e classificados de acordo com princípios e normas contábeis. Por outro lado, a metodologia da Conab para custos de produção agrícola utiliza o chamado custeio pleno, que abrange todos os itens de dispêndio, explícitos ou não, assumidos pelo produtor desde as fases iniciais de correção e preparo do solo até a fase inicial de comercialização do produto.

É importante ressaltar que a Conab considera alguns gastos administrativos ou de distribuição diretamente ligados à sua missão como custos, ao passo que a contabilidade classifica esses mesmos gastos como despesas administrativas ou de distribuição. Enquanto a contabilidade de custos é um campo amplo e genérico, envolvendo diversas técnicas e métodos para a gestão de custos em diferentes setores e empresas, o método de custeio da Conab representa uma abordagem particular, adaptada às suas operações específicas no âmbito do abastecimento de produtos agrícolas. Essa distinção evidencia a necessidade de compreender

as particularidades do modelo de custeio adotado pela Conab para os custos de produção agrícola.

Sugere-se que pesquisas futuras explorem a eficácia e adequação desse modelo de custeio da Conab em atender às necessidades dos produtores agrícolas. Investigar se o modelo atual é eficiente para a gestão e análise dos custos na perspectiva dos produtores ou, alternativamente, propor um modelo mais abrangente que possa ser adotado de forma mais generalizada para fins de custeio na agricultura. Essas pesquisas poderiam contribuir para o aprimoramento das práticas de custeio no setor agrícola, visando melhorias na gestão financeira e tomada de decisões estratégicas.

Destaca-se que durante a condução deste estudo, algumas limitações foram identificadas. Primeiramente, a amostra foi afetada pelo tamanho devido às modificações nas planilhas da Conab a partir de 2010, resultando em uma alteração no nível de detalhamento das contas que compõem o custo de produção. Além disso, outra limitação significativa foi a falta de dados climáticos para certos períodos do estudo. Também é importante ressaltar que nem todos os municípios incluídos na amostra deram início à produção no ano de 2013, alguns em anos subsequentes para ambas as safras, o que representou outra restrição nos dados analisados.

REFERÊNCIAS

- ALBERTON, R. P. **Realidades e perspectivas do milho: uma análise conjuntural e intersetorial**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Economia) – Faculdade em Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2009.
- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; CRUZ, J. C. **Integração Lavoura e Pecuária**. Brasília, DF, 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/integracao-lavoura-e-pecuaria>. Acesso em: 10 set. 2023.
- ALVES, H. C. R.; AMARAL, R. F. **Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano v, n.16, set. 2011. (Informe Rural Etene). Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/964>. Acesso em: 6 set. 2022.
- ANDREA, M. C. da S. *et al.* Impacts of Future Climate Predictions on Second Season Maize in an Agrosystem on a Biome Transition Region in Mato Grosso State. **Revista Brasileira de Meteorologia [online]**, 2019, v. 34, n. 2, p. 335-347. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334024>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/DkGhQM98yXj4nwk9X6zYZSL/?lang=en>. Acesso em: 8 set. 2022.
- ARTUZO, F. D. Gestão de custos na produção de milho e soja. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 02, pp. 273-294, 2018.
- BAIO, F. H. R.; MOLIN, J. P.; LEAL, A. J. F. Avaliação comparativa da distribuição transversal de adubos sólidos aplicados em culturas anuais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 527-536, July/Aug. 2012. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/912875/avaliacao-comparativa-da-distribuicao-transversal-de-adubos-sol_WApwWml.pdf. Acesso em: 07 out. 2023.
- BARBOSA, L. P. *et al.* Contabilidade, Gestão de Custos e Resultados no Agronegócio: Um estudo de caso no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 19., Bento Gonçalves, 2012. **Anais [...]** Bento Gonçalves: ABC, 2012.
- BARROS, G. S. de C.; ALVES, L. R. A. Maior eficiência econômica e técnica depende do suporte das políticas públicas. **Visão agrícola**, ano 9, p. 4-7, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.
- BATEMAN, D. I.; EDWARDS, J. R.; LEVAY, C. Agricultural cooperatives and the theory of the firm. **Oxford Agrarian Studies**, Oxford, v. 8, p. 63-81, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1080/13600817908423884>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13600817908423884>. Acesso em: 07 out. 2023.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014.

BERGER, J. **Maize production and the manuring of maizes**. Geneva: Center D'Estude de l'Azote, 1962.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, p. 164-200, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706117322449?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Histórico de perdas na agricultura brasileira: 2000-2021. Brasília, DF: MAPA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/publicacoes-seguro-rural/historico-de-perdas-na-agricultura-brasileira-2000-2021.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria SPA/MAPA nº 345, de 27 de junho de 2023**. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do algodão herbáceo no estado do Pará, ano-safra 2023/2024. Brasília, DF: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/para/PORTN345ALGODOHERBCEOPA.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CASTRO, E. R. de *et al.* Teoria dos Custos. *In*: SANTOS, M. L. dos *et al.* (org.). **Microeconomia Aplicada**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009.

CEPEA. Após alcançar patamar recorde em 2021, PIB do agronegócio recua 4,22% em 2022. **PIB do agronegócio 2022**, São Paulo, 17 março 2023. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-2022.17MAR2023\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-2022.17MAR2023(1).pdf). Acesso em: 02 jun. 2023.

CIAMPITTI, I. A.; ELMORE, R. W.; LAUER, J. **Fases do desenvolvimento da cultura do milho**. Kansas State: University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 2016. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/\\$File/MF3305BP-CornGrowth-portuguese_FINAL.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/$File/MF3305BP-CornGrowth-portuguese_FINAL.pdf). Acesso em: 10 jun. 2023.

CICOLIN, L. O. M.; OLIVEIRA, A. L. R. Avaliação de desempenho do processo logístico de exportação do milho brasileiro: uma aplicação da análise envoltória de dados-DEA. **Journal of Transport Literature**, v. 10, n. 3, p. 30-34, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v10n3a6>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jtl/a/84WK3Tr3JFG3SfcNbhMdsbw/?lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2023.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; SANTOS, F. C. dos. Exigências nutricionais e adubação. *In*: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 6, p. 81-97. Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1015600&biblioteca=CNPMS&busca=\(autoria:%22RESENDE,%20A.%22\)&qFacets=\(autoria:%22RESENDE,%20A.%22\)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=3](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1015600&biblioteca=CNPMS&busca=(autoria:%22RESENDE,%20A.%22)&qFacets=(autoria:%22RESENDE,%20A.%22)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=3). Acesso em: 10 jun. 2023.

COELHO, A. M. *et al.* **Planejamento da Adubação e Calagem**. Brasília, 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao>

tecnologica/cultivos/milho/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/adubacao-e-fertilidade-do-solo/planejamento-da-adubacao-e-calagem. Acesso em: 10 jun. 2023.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. **Pronunciamento técnico CPC 27 - ativo imobilizado**. Correlação às Normas Internacionais de Contabilidade – IAS 16. Brasília, DF: CPC, 2009. Disponível em: https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.cpc.aatb.com.br/Documentos/316_CPC_27_rev%2022.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

CONAB. **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil 2022**. Brasília: Conab, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/outras-publicacoes/item/15406-calendario-agricola-plantio-e-colheita>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CONAB. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010.

CONAB. **Norma metodologia do custo de produção 30.302: sistema de operações: subsistema de gestão de informações e conhecimento**. Brasília: Conab, 2020.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. *In*: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. comps. **Hortaliças-fruto [online]**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401-449. DOI: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-15.pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.

CORREIO, B. D. P. *et al.* A. Análise crítica do nível de conhecimento e da utilização de controle e gestão pelos proprietários rurais. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 16, n. 1, p. 152-176, 2019. DOI: <https://doi.org/10.25112/rgd.v16i1.1536>. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistagestaoedesenvolvimento/article/view/1536>. Acesso em: 07 set. 2023.

COSTA, F. M. *et al.* Origem, domesticação e dispersão do milho nas Américas. *In*: Silva, N. C. de A. *et al.* (org.). **Milhos das Terras Baixas da América do Sul e Conservação da Agrobiodiversidade no Brasil e no Uruguai**. Ponta Grossa: Atena, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.7302010111>. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/milhos-das-terras-baixas-da-america-do-sul-e-conservacao-da-agrobiodiversidade-no-brasil-e-no-uruguai>. Acesso em: 10 out. 2023.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. **Podridões do Colmo e das Raízes**. [S. l.], 08 dez. 2021A. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/doencas/podridoes-do-colmo-e-das-raizes>. Acesso em: 03 jun. 2023.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. **Doenças Foliare**s. [S. l.], 08 dez. 2021B. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/doencas/doencas-foliare>s. Acesso em: 03 jun. 2023.

CREPALDI, S. A. **Contabilidade Rural: uma abordagem decisorial**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2019. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597021639/cfi/6/10!/4/2@0:0>. Acesso em: 08 abr. 2023.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivares**. Sete Lagoas: Embrapa, 2021. [S. 1.], 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/cultivares>. Acesso em: 11 out. 2023.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivo do Milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo, 2). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 11 out. 2023.

DESCHÊNES, O.; GREENSTONE, M. the economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. **American Economic Review**, v. 97, n. 1, p. 354-385. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.97.1.354>. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.97.1.354>. Acesso em: 06 out. 2023.

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. **Economia da produção**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo, 1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/748749/1/Milho-Economia-da-producao.pdf>. Acesso em: 11 out. 2023.

DUARTE, S. L. *et al.* Análise das variáveis dos custos de produção do milho no período da safra. *In: SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 7., Rio de Janeiro, 2010. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: AEDB, 2010. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/534_Artigo%20Seget.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

DUARTE, S. L. *et al.* **Cultivo do Milho**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo, 2). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/490995/4/Economiaproducao.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

EMBRAPA. **Manual de segurança e qualidade para a cultura do milho**. Brasília: Embrapa/Sede, 2004. 78 p.

EMBRAPA. **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215310/1/500-perguntas-sorgo.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

EMBRAPA. **Cultivo do Milho**. 9. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. (Sistema de Produção, 1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/486917/1/Sistema-de-Producao-Cultivo-do-Milho.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. *In: Milho: do plantio à colheita*. Viçosa: Editora da UFV, 2017.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta a eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, n. 13, 2015.

FANCELLI, A. L. **Plantas Alimentícias**: guia para aula, estudo e discussão. Piracicaba: USP/ESALQ, 1986.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho**: ecofisiologia e rendimento. *In*: Tecnologia da produção de milho. [s.l: s.n.]p. 157–170, 2000.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. v. 1.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo 2021. Roma: FAO, 2021.

FÁVERO, L. P. *et al.* **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. London: Sage, 2009.

FIESP. **Safra mundial de milho 2022/23**: 10º Levantamento do USDA. São Paulo, fev. 2023. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=288086>. Acesso em: 03 jun. 2023.

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia Agrícola**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/08_climatologia_agricola.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

FORMIGONI, I. **Estoque mundial de milho previsto para 2023 e dados de 10 anos!**. [S.l.], 28 fev. 2023. Portal: Farmnews. Disponível em: <https://farmnews.com.br/mercado/estoque-mundial-de-milho-previsto-para-2023-e-dados-de-10-anos/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

FREITAS, R. E.; SANTOS, G. R. Desafios do financiamento agropecuário: o complexo produtivo soja-milho-aves. **Radar**, n. 47, p. 39-48, 2016. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7325/1/Radar47_desafios.pdf. Acesso em: 15 nov. 2022.

GIEHL, A. L. *et al.* **Perdas provocados pelo tornado em algumas regiões do estado de Santa Catarina**: 14 e 15 de agosto de 2020. Florianópolis: Epagri, 2020, 73p. (Epagri. Documentos, 321). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/download/1077/965/6506>. Acesso em: 15 nov. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Grupo GEN, 2022. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

GUBERT, F. *et al.* Agronegócio: Um olhar sobre a produção científica brasileira na base Spell. *In*: Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio. 2., Vacaria, 2016. **Anais** [...]. Vacaria: [s.n.], 2016. Disponível em:

<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/IIsimposioinovacaoagronegocio/simposioinova caoagronegocioucs/paper/viewFile/4647/1475>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Zoneamento agrícola**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo, 1). p. 1-10. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748750/1/Milho-Zoneamento-agricola.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

GUIMARÃES, D. P.; SANS, L. M. A.; LANDAU, E. C. **Zoneamento agropecuário**. Sete Lagoas, 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/zoneamento-agropecuario>. Acesso em: 20 out. 2023.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH; Artmed, 2011.

HOFER, E. *et al.* Gestão de custos aplicada ao agronegócio: culturas temporárias. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 17, n. 1, p. 29-46, jan./mar. 2006.

IBGE. **LSPA**: levantamento sistemático da produção agrícola. jul. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 18 jun. 2023.

IPCC. **Sixth Assessment Report**. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. 2022. Disponível em: Acesso em: 20 abr. 2022.

JAMES, E. Preservation of seeds stocks. **Advances in agronomy**, London, v. 19, p. 87-106, 1967. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60733-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60733-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211308607336?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago.2023.

KARAM, D. *et al.* **Plantas daninhas**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo, 2). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27041/1/Plantas-daninhas.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

KRUGER, S. D.; MAZZIONI, S.; BOETTCHER, S. F. A importância da contabilidade para a gestão das propriedades rurais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 16., 2009, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: [s.n.], 2009.

KLESENER, D. F. **Efeito da chuva produzida pelo simulador tipo empuxo na eficiência de agrotóxicos no controle de grapholita molesta em pomares de macieira**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em produção vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade Do Estado De Santa Catarina, Lages, 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1322/Tese_final_Daniela_Fernanda_Klesener_1__15675396013202_1322.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas. 2010.

LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. **Relações com o clima**. [S.l.], 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/relacoes-com-o-clima#:~:text=Durante%20o%20per%C3%ADodo%20de%20germina%C3%A7%C3%A3o,o casionam%20preju%C3%ADzo%20sens%C3%ADvel%20%C3%A0%20germina%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 26 ago. 2023.

LIMA JUNIOR, J. A. *et al.* Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 392-398, mar./abr., 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000200022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/VY893nkSxcjxpskDsjbzqXy/?lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2023.

LIU, H. *et al.* Quantifying extreme climatic conditions for maize production using RZWQM in Siping, Northeast China. **Int J Agric & Biol Eng**, v. 12, n. 2, p. 111–122. DOI: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20191202.3388>. Disponível em: <http://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3388>. Acesso em: 11 set. 2022.

MAGALHÃES, P. C. *et al.* Fisiologia do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, Mg, v. 6, n. 1, p. 01-23, 14 jul. 2003.

MAGALHÃES, P. C. *et al.* (org.). **Desenvolvimento do milho segunda safra**: fatores genético-fisiológicos, plataforma de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 76, 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de. **Ecofisiologia**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo, 1). p. 23-53, nov. 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/486917>. Acesso em: 15 out. 2023.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do Milho. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 22, 2002. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/15589/1/Circ_22.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

MANSFIELD, E.; YOHE, G. **Microeconomia**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARENGO, J. A. *et al.* Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 15, p. 2241-2255, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1863>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1863>. Acesso em: 10 ago. 2023.

MARION, J. C. **Contabilidade rural**: Contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária. São Paulo: Atlas, 2010.

MARETH, T. *et al.* Simulação como procedimento de apoio à gestão de custos: um estudo de caso numa instituição de ensino superior. **Revista de Administração e Contabilidade Unisinos**, v. 9, n. 2, p. 162-172, abr./jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.4013/base.2012.92.05>. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/base/article/view/base.2012.92.05>. Acesso em: 15 ago. 2023.

MARTIN, N. B. *et al.* **Custos**: sistema de custo de produção agrícola. Informações Econômicas, v. 24, n. 9, p. 97- 122, 1994.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo, Atlas, 2010.

MARTINS, E. Contabilidade de custos. São Paulo: Atlas, 2012

MARTINS, G. **Diagnóstico sobre sistemas de dados agrícolas do Brasil para um sistema nacional de avaliação de danos e perdas por desastres na agricultura**. Brasília, DF: FAO, 2021. <https://doi.org/10.4060/cb6527pt>. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb6527pt/cb6527pt.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

MARTINS, E.; ROCHA, W. **Métodos de custeio comparados**: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

MELHORANÇA, A. L.; KARAM, D. **Tratos Culturais**. [S. l.], 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/tratos-culturais>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MELO FILHO, G. A. De; MATTOSO, M. J. Coeficientes técnicos. *In*: PEREIRA FILHO, I. A. (ed.). **Cultivo do milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo, 1). p. 415-426.

MILHO: história e arte. Clube Paulista de Jardinagem, São Paulo, nº 342, maio 2014. Disponível em: https://www.clubedejardinagem.com.br/wp-content/uploads/2021/04/boletim_CPJ_Maio_2014.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Rev bras eng agríc ambient**, [s.l.], v. 19, n. 8., p. 734-740, ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p734-740>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/WxSLfZBStBdpGj9qRCrKJ5x/abstract/?lang=pt#ModalHowcite>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MIRANDA, R. A. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MITCHELL, J. P. *et al.* Cover cropping and no-tillage 46 improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. **Soil and Tillage Research**, [s.l.], v. 165, p. 325-335, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.09.001>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198716301854?via%3Dihub>. Acesso em: 11 out. 2023.

MONTEIRO, E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355291/37056285/Bases+climatol%C3%B3gicas_G.R.CUNHA_Livro_Agrometeorologia+dos+cultivos.pdf/13d616f5-cbd1-7261-b157-351eaa31188d?version=1.0. Acesso em: 07 out. 2023.

MANTOVANI, E. C. Componentes do sistema de colheita devem atuar em perfeita sintonia. **Visão Agrícola**, v. 13, p. 120-122, jul./dez. 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Colheita_armazenamento-artigo1.pdf. Acesso em: 07 out. 2023.

MORAIS, P. P. P.; BOREM, A. Maior interação com ambiente eleva uso de cultivar transgênico no Brasil. **Visão Agrícola**, n.13, jul./dez. 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Manejo_cultura-artigo2.pdf. Acesso em: 07 out. 2023.

MÜNCH, T. *et al.* Considering cost accountancy items in crop production simulations under climate change. **European Journal of Agronomy**, v. 52, p. 57-68, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.01.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030113000063?via%3Dihub>. Acesso em: 12 set. 2023.

NASCIMENTO, I. C. S. do *et al.* A Gestão Estratégica de Custos como Vantagem Competitiva em Empresas do Setor Industrial Salineiro de Mossoró-RN. *In: Congresso Brasileiro De Custos – ABC*, 23., Porto de Galinhas, PE, 2016. **Anais [...]**. Porto de Galinhas, PE: [s.n.], 2016. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4153>. Acesso em: 07 out. 2023.

NAKAGAWA, M. **ABC**: custeio baseado em atividades. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

NETO, D. D. *et al.* Irrigação deve maximizar eficiência no uso da água para garantir produtividade. **Visão agrícola**, ano 9, p. 66-72, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

OLIVEIRA, K. G. **Efeito dos fatores climáticos no comportamento dos custos de produção de soja**: Um estudo nas principais cidades produtoras brasileiras no período de 2005 a 2015. 2016. 109 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2016.

OLIVEIRA, C. **O que você precisa saber sobre fenologia do milho**. [S.l.], 27 jul. 2021. Portal: Aegro. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/wp-content/uploads/2021/07/fenologia-do-milho-20210727134102.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

PEREIRA, A.R. *et al.* **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Cultivares de milho para safra 2022/2023**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022

PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo do Milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo, 1). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486917/1/Sistema-de-Producao-Cultivo-do-Milho.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Cultivares de milho para safra 2022/2023**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. (Embrapa Milho e Sorgo, 272). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150188/1/Documentos-272-Cultivares-de-milho-para-safra-2022-2023.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. **Sistemas Diferenciais de Cultivo**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PINDYCK, R; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

PINTO, J. M.; SILVA, D. J. **Fertilizantes e agroquímicos aplicados via água de irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. (Embrapa Semiárido. Documentos, 302). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229822/1/Fertilizantes-e-agroquimicos-aplicados-via-agua-de-irrigacao-2021.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2023.

QUINTINO, S. M. *et al.* **Custo de produção estimado para a cultura do milho safrinha em consórcio com braquiária, na região de Cacoal, estado de Rondônia, safra 2019/2020**. *Conjecturas*, v. 22, n. 13, p. 215-229, 24 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.53660/CONJ-1670-2G11A>. Disponível em: <http://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1670/1230>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RAUPP, F My; BEUREN, I.M. Metodologias de custos utilizadas nas maiores indústrias do setor têxtil do Estado de Santa Catarina. In: XIII SemeAd – Seminários de Administração. Anais... São Paulo: FEA-USP, 2010.

RESENDE, A. V. de *et al.* **Indicadores de demanda de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

RIBEIRO, R. R. M. *et al.* Custeio variável na produção agrícola: um estudo da aplicação do método nas culturas de soja e milho. In: Congresso Brasileiro de Custos, 25., Vitória, 2018. **Anais [...]**. Vitória: Associação Brasileira de Custos, 2018. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/4960/4973/5103>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

RICHETTI, A.; MOTTA, I. de Sá; GARCIA, R. A. **Estimativa de custo de produção do milho-verde irrigado, consorciado com plantas de cobertura, em Mato Grosso do Sul, 2021**. Dourados: Embrapa, 2021. (Comunicado Técnico, 265). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228524/1/COT-265-2021-CPAO.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Special Bulletin**, Iowa, n. 48. 1993.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante: parâmetros para modelos de crescimento**. 2005. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

ROSADO JUNIOR, A. G. **Método de custeio por atividades: aplicabilidade e contribuições em empresas do agronegócio: um estudo de caso**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RODRIGUES, N. A. **Comportamento dos custos de produção do café arábica em relação aos fatores climáticos**. 2013. 133 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2013.

SAMUELL, O. O.; AKWASI, A. M.; SYLVIA, T. S. Prioritization on cultivation and climate change adaptation techniques: a potential option in strengthening climate resilience in South Africa. **Agron. colomb. [online]**. 2019, v. 37, n. 1, p.62-72, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n1.77545>. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/77545>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SANTANA JUNIOR, J. A. de. **Custos de produção de lavouras de milho no município de Carira-SE: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2021.

SANTOS, J. P. dos. **Pragas de Grãos Armazenados**. [S. l.], 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/pragas-de-graos-armazenados>. Acesso em: 03 jun. 2023.

SHAW, R. H. Climatic requirents. *In*: CORN and com improvement. Madison: American Society of Agronomy, 1977. p. 591-623. (ASA. Agronomy, 18).

SIAGIAN, V. *et al.* Analysis of factors that influence production and cost of corn in Banten province. **E3S Web of Conferences**, [s.l.], v. 232, p. 1–9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123201007>. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/08/e3sconf_iconard2020_01007/e3sconf_iconard2020_01007.html. Acesso em: 13 out. 2023.

SILVA, R. F. F. da; DOBASHI, A. F. **Análise do custo de produção da safra 2022 de milho no Mato Grosso do Sul: R\$ 8.220,80/há**. [S.l.], 23 de março de 2022. Portal: Mais Soja. Disponível em: <https://maissoja.com.br/analise-do-custo-de-producao-da-safra-2022-de-milho-no-mato-grosso-do-sul-r-8-22080-ha/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

SILVA, R. F. F. da; DOBASHI, A. F. **Análise do custo de produção da safra 2022 de milho no Mato Grosso do Sul**. [S.l.]: Aprosoja, 2023. Disponível em:

[https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/CUSTO%20DE%20PRODU%C3%87%C3%83O%20-%20MILHO%202022%20\(1\)_0.pdf](https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/CUSTO%20DE%20PRODU%C3%87%C3%83O%20-%20MILHO%202022%20(1)_0.pdf). Acesso em: 03 jun. 2023.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. de M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão Agrícola**, n. 13, p. 30-34, jul./dez. 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo3.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

SOUZA, T. T. de *et al.* Longer crop cycle lengths could offset the negative effects of climate change on Brazilian maize. **Agrometeorology**. *Bragantia*, 2019, v. 78, n. 4, p. 622-631, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190085>. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190085>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190085>. Acesso em: 23 set. 2022.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. de M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão Agrícola**, n. 13, jul./dez. 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo3.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

STIGLITZ, J. E.; WALSH, C. E. **Introdução a Microeconomia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campos, 2003.

TAVARES, A. E, de O. **Microeconomia**. Rio de Janeiro: SESES, 2016.

VARGAS, L.; GLEBER, L. Sistema de Produção de Ameixa Européia. **Sistema de Produção**, v. 7, dez., 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/AmeixaEuropeia/tecnologia.htm>. Acesso em: 20 jul. 2023.

VARTANIAN, G. H; NASCIMENTO, D T do. O Método De Custeio Pleno: Uma Abordagem Conceitual. VI Congresso Brasileiro de Custo, São Paulo - SP, 1999.

VASCONCELLOS, M. A. S. de; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

VASCONCELLOS, M. A. S. de; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2023.

VASCONCELLOS, M. A. D. S.; PINHO, D. B. **Manual de economia**. 5. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

VIANA, J. H. M. *et al.* Manejo do Solo para a Cultura do Milho. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, v. 77, Sete Lagoas, dez. 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19621/1/Circ_77.pdf. Acesso em: 20 jul. 2023.

VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. **Pragas da Fase Inicial**. [S. l.], 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/pragas/pragas-da-fase-inicial>. Acesso em: 20 jul. 2023.

VICECONTI, P.; NEVES, S. das. **Contabilidade de custos**: um enfoque direto e objetivo. 12. ed. São Paulo: Saraiva. 2018.

VILAS BOAS, R. C. *et al.* Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, jul./ago., 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/cC3djKCnxCJtpYT9qkCjYdr/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2023.

YE, Q. *et al.* Evaluation of climatic variables as yield-limiting factors for maize in Kansas. **Revista Internacional De Climatologia**. Int. J. Climatol, 37: 464-475. (2017). Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5015>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.5015>. Acesso em: 23 set. 2022.

**ANEXO A – COMPONENTES DO CÁLCULO DE CUSTO DE PRODUÇÃO
(CONAB, 2010)**

DISCRIMINAÇÃO

I – DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA

- 1 – Operação com máquinas e implementos
- 2 – Mão-de-obra e encargos sociais
- 3 – Sementes
- 4 – Fertilizantes
- 5 – Agrotóxicos
- 6 – Despesas com irrigação
- 7 – Despesas administrativas
- 8 – Outros itens

TOTAL DAS DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)

II – DESPESAS PÓS-COLHEITA

- 1 – Seguro agrícola
- 2 – Transporte externo
- 3 – Assistência técnica e extensão rural
- 4 – Armazenagem
- 5 – Despesas administrativas
- 6 – Outros itens

TOTAL DAS DESPESAS PÓS-COLHEITA (B)

III – DESPESAS FINANCEIRAS

- 1 – Juros

Total das Despesas Financeiras ©

CUSTO VARIÁVEL (A+B+C = D)

IV – DEPRECIACIONES

- 1 – Depreciação de benfeitorias/instalações
- 2 – Depreciação de implementos
- 3 – Depreciação de máquinas
- 4 – Exaustão do cultivo

Total de Depreciações (E)

V – OUTROS CUSTOS FIXOS

- 1 – Mão de obra e encargos sociais e trabalhistas
- 2 – Seguro do capital fixo

Total de Outros Custos Fixos (F)

Custo Fixo (E+F = G)

CUSTO OPERACIONAL (D+G = H)

VI – RENDA DE FATORES

- 1 – Remuneração esperada sobre capital fixo
- 2 – Terra

Total de Renda de Fatores (I)

CUSTO TOTAL (H+I = J)
