



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIA BEATRIZ FUNARI DE SOUZA

**PERDAS DE PRODUTIVIDADE E ECONÔMICAS
DECORRENTES DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO
MILHO NO PARANÁ**

Londrina
2025

MARIA BEATRIZ FUNARI DE SOUZA

**PERDAS DE PRODUTIVIDADES E ECONÔMICAS
DECORRENTES DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO
MILHO NO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Santos Telles

Coorientadora: Dra. Michele R. Lopes da Silva

Londrina
2025

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

S729p Souza, Maria Beatriz Funari.

PERDAS DE PRODUTIVIDADE E ECONÔMICAS DECORRENTES DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO MILHO NO PARANÁ / Maria Beatriz

Funari Souza. - Londrina, 2025. 57 f.

Orientador: Tiago Santos Telles. Coorientador:
Michele Regina Lopes Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Cigarrinha do Milho - Tese. 2. Dalbulus maidis - Tese. 3. Impacto Econômico - Tese. I. Telles, Tiago Santos . II. Silva, Michele Regina Lopes . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

MARIA BEATRIZ FUNARI DE SOUZA

**PERDAS DE PRODUTIVIDADES E ECONÔMICAS
DECORRENTES DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO
MILHO NO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agronomia da Universidade
Estadual de Londrina - UEL, para a obtenção do
título de Mestre em Agronomia

BANCA EXAMINADORA

Dra. Michele Regina Lopes da Silva
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IAPAR-EMATER

Dr. Ivan Bordin
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IAPAR-EMATER

Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 25 de fevereiro de 2025.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela força e pela sabedoria concedidas ao longo desta caminhada. “Buscai, pois, em primeiro lugar o Reino de Deus e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas” (Mateus 6:33).

Aos meus pais, Elisabete Funari e Edvaldo Bernardes, e à minha irmã, Glória Funari, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que duvidei.

Ao meu orientador, Tiago Santos Telles, e à minha coorientadora, Michele Regina Lopes da Silva, pela orientação técnica, confiança, disponibilidade e por sempre contribuírem com seus conhecimentos de forma generosa e inspiradora.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli e Dr. Ivan Bordin, pela valiosa contribuição na avaliação deste trabalho, dedicando seu tempo e conhecimento para o seu aprimoramento.

À Universidade Estadual de Londrina, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de ingresso no mestrado, pelos conhecimentos adquiridos e aos docentes, pelo ensino de excelência e comprometimento. Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio e pela concessão da bolsa, essencial para a realização deste trabalho

Ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER, pelo espaço e suporte concedidos para a realização desta pesquisa, em especial às áreas de Socioeconomia, Bacteriologia e Virologia, pelo apoio técnico, pelas análises realizadas e pela colaboração nas atividades de pesquisa.

Expresso também minha sincera gratidão a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta trajetória. Pequenas atitudes, palavras de apoio e gestos de colaboração tiveram papel significativo e contribuíram de forma valiosa para a realização deste trabalho.

RESUMO

SOUZA, Maria Beatriz Funari. **Perdas de produtividade e econômicas decorrentes do complexo de enfezamento do milho no Paraná**. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

O complexo de enfezamento do milho (CEM) é composto pelas bacterioses enfezamento pálido e enfezamento vermelho e pelas viroses risca do milho e mosaico estriado do milho. Os patógenos são transmitidos pela cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) e podem levar a perdas de produtividade e consequentemente, econômicas. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar as perdas de produtividade associadas à ocorrência do CEM no estado do Paraná e estimar a perda econômica nos anos agrícolas de 2020/2021 e 2022/2023 em 423 propriedades de 131 municípios paranaenses. Para isso, foram coletadas e analisadas amostras de folhas de milho sintomáticas, submetidas a análises laboratoriais para confirmação dos patógenos *Spiroplasma kunkelii*, *Candidatus Phytoplasma asteris* e *Maize rayado fino virus*. Além disso, foram aplicados questionários a produtores de milho de primeira e de segunda safra. As perdas de produtividade e econômicas foram quantificadas comparando a produtividade esperada com a obtida, conforme declarado pelos produtores, e os valores econômicos foram estimados a partir do preço do milho em cada safra. A análise estatística foi realizada por meio do teste t para comparar a diferença entre a produtividade esperada e obtida. Os resultados indicaram que 78% das amostras foram positivas para pelo menos uma das doenças do CEM, com incidência em todas as seis regiões intermediárias do estado do Paraná, sendo mais prevalente nas regiões de Cascavel e de Maringá. As perdas de produtividade foram registradas em todas as safras e regiões analisadas, variando conforme a incidência da doença. Na segunda safra de 2020/2021, o Paraná apresentou perdas de 45,8%, com perdas econômicas estimadas em R\$ 11,6 bilhões, período em que o preço do milho estava elevado devido à quebra de safra e à alta demanda internacional. Para a primeira safra de 2021/2022, as perdas de produtividade médias foram de 31,2%, com perdas econômicas de R\$ 1,9 bilhão. Já na segunda safra de 2021/2022 e 2022/2023, as perdas de produtividade foram de 40,4% e 29,9%, resultando em perdas econômicas de R\$ 9 bilhões e R\$ 3,7 bilhões, respectivamente. A redução das perdas econômicas ao longo dos anos analisados está relacionada não apenas à variação na incidência das doenças do CEM e no aumento da produtividade, mas também à queda dos preços do milho, além de outros fatores, como condições climáticas e estratégias de manejo adotadas pelos produtores. Conclui-se que as doenças que compõem o CEM estão amplamente disseminadas no Paraná, com impactos tanto na primeira quanto na segunda safra. Embora as perdas econômicas tenham diminuído ao longo dos anos analisados, a persistência da doença e sua influência na produtividade reforçam a necessidade de estratégias eficazes de manejo para mitigar seus impactos e garantir a sustentabilidade da cultura.

Palavras-chave: Cigarrinha do milho, *Dalbulus maidis*, impacto econômico, *Zea mays*.

ABSTRACT

SOUZA, Maria Beatriz Funari. **Productivity and Economic Losses Due to the Maize Stunting Complex in Paraná**. 56. Master's Dissertation in Agronomy – Center for Agricultural Sciences, State University of Londrina, Londrina, 2025.

The corn stunt complex (CSC) is composed of the bacterial diseases pale stunt and red stunt, as well as the viral diseases maize rayado fino and maize striate mosaic. The pathogens are transmitted by the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*) and can lead to yield and economic losses. This study aimed to evaluate yield losses associated with the occurrence of CSC in the state of Paraná and to estimate economic losses in the 2020/2021 and 2022/2023 growing seasons across 423 farms in 131 municipalities. Symptomatic maize leaf samples were collected and analyzed to confirm the presence of *Spiroplasma kunkelii*, *Candidatus Phytoplasma asteris*, and *Maize rayado fino virus*, and questionnaires were applied to first- and second-crop maize growers. Yield and economic losses were quantified by comparing expected and obtained yields, as reported by farmers, and economic values were estimated based on maize prices in each growing season. Statistical analysis was performed using the t-test to compare expected and obtained yields. The results showed that 78% of the samples were positive for at least one CSC disease, with occurrence in all six intermediate regions of Paraná, especially in Cascavel and Maringá. Yield losses were observed in all seasons and regions, varying with disease incidence. In the second crop of 2020/2021, losses reached 45.8%, with estimated economic losses of R\$ 11.6 billion, influenced by high maize prices due to crop failure and strong international demand. In the first crop of 2021/2022, average yield losses were 31.2%, with economic losses of R\$ 1.9 billion. In the second crops of 2021/2022 and 2022/2023, yield losses were 40.4% and 29.9%, resulting in economic losses of R\$ 9 billion and R\$ 3.7 billion, respectively. The reduction in economic losses over time is associated with variations in disease incidence, increased productivity, lower maize prices, and factors such as climatic conditions and management strategies. Overall, CSC diseases are widely distributed in Paraná and affect both first and second crops, highlighting the need for effective management strategies to mitigate their impacts and ensure crop sustainability.

Key-words: Corn leafhopper, *Dalbulus maidis*, economic impact, Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação do preço (R\$) do milho em saca (60kg ha ⁻¹) no período de 2016 a 2023 no estado do Paraná.	17
Figura 2. Cigarrinha do milho – <i>Dalbulus maidis</i>	19
Figura 3. Sintomas de Enfezamentos em plantas de milho. (A) Enfezamento Pálido - <i>Spiroplasma kunkelii</i> ; (B) Enfezamento Vermelho - <i>Candidatus Phytoplasma asteris</i>	23
Figura 4. Sintomas de Vírus em plantas de milho. (A) Risca do milho - <i>Marafivirus maydis</i> – syn. <i>Maize rayado fino vírus</i> . (B e C) Mosaico estriado do milho – <i>Maize striate mosaic vírus</i>	24
Figura 5. Locais de coleta de amostras de plantas de milho nos municípios do Paraná para diagnóstico de doenças do Complexo de Enfezamento do Milho na primeira e segunda safra nos anos agrícolas de 2020/2021 a 2022/2023.	27
Figura 6. Distribuição das amostras de folha de milho coletadas e diagnóstico para doenças do complexo de enfezamento do milho, nas Safras 2020/2021 a 2022/2023 no estado do Paraná.	30
Figura 7 – Distribuição geográfica das amostras de milho coletadas e diagnóstico para doenças do complexo de enfezamento do milho, na primeira safra de (a) 2021/2022 e (b) 2022/2023 no estado do Paraná.	32
Figura 8 – Produtividade do milho declarada pelos produtores por regiões geográficas intermediárias na primeira safra de 2021/2022 no Paraná.	33
Figura 9. Distribuição Geográfica das amostras de milho coletadas e diagnóstico para doenças do complexo de enfezamento do milho, na segunda safra de (a) 2020/2021, (b) 2021/2022 e (c) 2022/2023 no estado do Paraná.	36
Figura 10. Produtividade do milho por região geográfica intermediária na segunda safra de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 no Paraná.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Período de amostragem e número de propriedades para detecção das doenças que compõem do Complexo de enfezamento do milho no estado do Paraná.	28
Tabela 2 – Estimativa de perdas econômicas da produtividade do milho por hectare e no Paraná na primeira e segunda safra.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEM	Complexo de Enfezamento do Milho
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IDR-PR	Instituto de Desenvolvimento Rural de Paraná
PE	Produtividade Esperada
PO	Produtividade Obtida
PP	Perda de Produtividade
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
SIMEPAR	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná
VBP	Valor Bruto de Produção
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

SUMÁRIO

<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	11
<u>2</u>	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	13
<u>2.1</u>	<u>A CULTURA DO MILHO</u>	13
<u>2.2</u>	<u>ASPECTOS ECONÔMICOS DA CULTURA DO MILHO</u>	14
<u>2.3</u>	<u>PRODUÇÃO DO MILHO NO PARANÁ</u>	17
<u>2.4</u>	<u>O COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO MILHO</u>	19
<u>2.4.1</u>	<u>CIGARRINHA DO MILHO</u>	19
<u>2.4.2</u>	<u>DOENÇAS QUE COMPÕE O COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO MILHO</u>	21
<u>2.5</u>	<u>PERDAS OCASIONADAS PELO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO MILHO</u>	24
<u>3</u>	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	27
<u>3.1</u>	<u>LOCAL DO ESTUDO</u>	27
<u>3.2</u>	<u>COLETA DE MATERIAL VEGETAL, APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO E ANÁLISES LABORATORIAIS</u>	28
<u>3.3</u>	<u>ANÁLISES DAS PERDAS DE PRODUTIVIDADE E DAS PERDAS ECONÔMICAS</u>	29
<u>3.4</u>	<u>ANÁLISES ESTATÍSTICAS</u>	29
<u>4</u>	<u>RESULTADOS</u>	30
<u>4.1</u>	<u>PRIMEIRA SAFRA</u>	31
<u>4.2</u>	<u>SEGUNDA SAFRA</u>	34
<u>4.3</u>	<u>ESTIMATIVAS DE PERDAS ECONÔMICAS</u>	38
<u>5</u>	<u>DISCUSSÃO</u>	39
<u>6</u>	<u>CONCLUSÕES</u>	45
<u>7</u>	<u>REFERÊNCIAS</u>	46
<u>8</u>	<u>ANEXO</u>	52
<u>8.1</u>	<u>Anexo 1</u>	53

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, insumo fundamental para as cadeias produtivas de proteína animal, especialmente carne bovina, suína, de aves e de peixes (SANCHES et al., 2024), bem como para economia do país. O milho corresponde a 7,31% de participação no Valor Bruto de Produção no Paraná, chegando a R\$14,7 bilhões. A produção de milho no estado ocorre em duas safras distintas: a primeira safra, cultivada no verão, e a segunda safra (ou safrinha), semeada após a colheita da cultura anterior, predominantemente da soja. O milho da segunda safra corresponde à maior parte da produção do Paraná, representando cerca de 85% do total e 5,58% do VBP do grão no estado em 2023 (IBGE, 2024; SEAB, 2024).

Todavia, a produção de milho no Paraná enfrenta desafios fitossanitários que comprometem a produtividade das lavouras, sendo o complexo de enfezamento do milho (CEM) um dos mais preocupantes (COTA et al., 2021). O CEM é causado por mollicutes e vírus transmitidos exclusivamente pela cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), afetando o desenvolvimento da planta (NAULT, 1980), e reduzindo seu potencial produtivo (CUNHA et al., 2023). A intensificação da área plantada, a presença do milho voluntário, o uso de híbridos mais suscetíveis e a influência de fatores climáticos diversos têm favorecido a disseminação do *D. maidis*, aumentando a incidência dessas doenças e elevando os riscos de perdas de produtividade e perdas econômicas para os produtores (COSTA et al., 2019).

As plantas infectadas pelo CEM apresentam redução no porte, menor desenvolvimento radicular, falhas na formação das espigas e grãos chochos (NAULT, 1980; OLIVEIRA et al., 2002; GAMARRA et al., 2022). Esses efeitos comprometem o rendimento da lavoura, especialmente quando a infecção ocorre nos estádios iniciais de crescimento (JONES; MEDINA, 2023). Em condições severas, a redução da produção pode ultrapassar 70%, tornando a produção de milho economicamente inviável (COTA et al., 2021).

Todavia, o CEM tem sido associado a perdas expressivas na produção de milho, com redução média estimada em 22,7% entre as safras de 2020 e 2024, resultando em prejuízos econômicos de aproximadamente US\$6,5 bilhões para o Brasil (OLIVEIRA et al., 2026). Além disso, o CEM leva ao aumento dos custos de produção em razão do uso exacerbado de inseticidas para tentar reduzir os prejuízos, além de gerar perdas de receita (MORITZ et al., 2025). Assim, considera-se como hipótese que o CEM compromete a produtividade esperada de milho e resulta em perdas econômicas aos agricultores do Paraná.

Embora diversos estudos tenham descrito os aspectos epidemiológicos, fisiológicos e ecológicos relacionados ao CEM, incluindo as perdas potenciais em termos de produtividade associadas à infecção precoce (VAN NIEUWENHOVE et al., 2016; POZEBON et al., 2022), ainda são limitados os estudos com enfoque nas perdas econômicas. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar as perdas da produtividade esperada associadas ao CEM, e estimar as perdas econômicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays L.*), pertencente à família Poaceae, é uma das culturas mais versáteis e amplamente cultivadas no mundo, devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e edafológicas. Originado do teosinto, uma gramínea selvagem da América Central, o milho passou por um longo processo de domesticação e melhoramento genético, tornando-se essencial para a agricultura global (LIU; FERNIE; YAN, 2020).

A planta de milho apresenta crescimento ereto, colmo cilíndrico e folhas alternadas, com inflorescências bem definidas: o pendão (estrutura masculina) no ápice e a espiga (estrutura feminina) inserida nas axilas foliares. Como uma cultura C4, o milho possui alta eficiência fotossintética, especialmente sob elevada luminosidade e temperaturas entre 24 °C e 30 °C, além de ser altamente responsivo à disponibilidade hídrica e nutricional (KLAR, 1984; BARROS; CALADO, 2014).

Além de suas características morfológicas e fisiológicas, o milho possui um ciclo de desenvolvimento bem definido, dividido em duas fases principais: vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa engloba os estádios iniciais de crescimento, desde a emergência (VE) até o desenvolvimento completo das folhas (Vn). Dentre esses estágios, o V3 é considerado crucial, pois marca a definição do número máximo de grãos e o potencial produtivo da cultura. Nesse período, todas as folhas e espigas que a planta produzirá já estão sendo formadas, tornando-o um momento determinante para a produtividade final. À medida que o desenvolvimento avança, a planta entra na fase reprodutiva, iniciada com a emissão do pendão (R1), seguida pela polinização, enchimento dos grãos e maturação fisiológica (R6). No estádio V10, a planta apresenta crescimento acelerado, com maior acúmulo de biomassa e alta demanda por água e nutrientes, preparando-se para a transição à fase reprodutiva. Cada uma dessas etapas é influenciada por fatores como disponibilidade de água, nutrientes e condições climáticas, impactando diretamente no rendimento da cultura (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

No Brasil, essa cultura desempenha um papel estratégico na agropecuária, sendo um dos principais cultivos do país em área plantada e volume produzido. O grão é amplamente utilizado na alimentação animal, sendo um insumo essencial para rações destinadas a aves, suínos e bovinos. Além disso, possui relevância na alimentação humana e na agroindústria, sendo matéria-prima para a produção de óleos, amidos, etanol e outros derivados. O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais de milho, com cultivo

distribuído em todas as regiões, abrangendo diferentes perfis de produtores e variados sistemas de produção, desde a agricultura familiar até grandes propriedades de alta tecnologia (SOLOGUREN, 2015).

A produtividade do milho é influenciada por diversos fatores, como temperatura, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo e manejo da adubação. Além disso, a ocorrência de pragas e doenças e o uso adequado de insumos também desempenham um papel essencial no rendimento da cultura. Por sua vez, a rentabilidade da produção está diretamente ligada à produtividade, mas também sofre impactos das oscilações do mercado e dos custos de produção. Dessa forma, qualquer variação nesses fatores pode comprometer tanto a quantidade colhida quanto o retorno financeiro do produtor (CONTINI et al., 2019).

Entre esses desafios, destaca-se o impacto da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), vetor do CEM, que pode causar reduções na produtividade. O controle eficiente dessa praga exige a adoção de estratégias integradas de manejo, incluindo o monitoramento populacional, o uso de híbridos resistentes e a rotação de culturas, medidas fundamentais para minimizar as perdas e garantir a sustentabilidade da produção (NAULT, 1980; COTA et al., 2021).

2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS DA CULTURA DO MILHO

A partir dos anos 2000, a economia brasileira do milho passou por transformações, aumentando sua competitividade global e impactando a estrutura de comercialização e precificação do grão. Esse novo cenário impulsionou avanços tecnológicos no setor agrícola, refletindo-se no aumento expressivo da produtividade ao longo das últimas décadas e ampliando a inserção do Brasil no mercado internacional (FAVRO; CALDARELLI; CAMARA, 2015).

O milho desempenha um papel estratégico na economia agrícola global, sendo um dos cereais mais cultivados e comercializados no mundo. No Brasil, sua relevância é ainda maior, pois o país se destaca não apenas como um dos principais produtores, mas também como um agente fundamental na dinâmica do comércio global de commodities agrícolas, com impactos diretos sobre a segurança alimentar e a oferta de insumos para a produção animal (SOLOGUREN, 2015).

O ano de 2004 representou um marco para a comercialização do milho brasileiro, impulsionando o país a uma posição mais expressiva no comércio exterior. Após um período de baixa nos preços internos, a valorização da demanda externa e a desvalorização

cambial tornaram a exportação uma alternativa economicamente mais atrativa para os produtores. Como consequência, houve um crescimento expressivo nas exportações do grão, incentivando investimentos em infraestrutura, tecnologia e eficiência produtiva para atender tanto o mercado interno quanto o externo (FAVRO; CALDARELLI; CAMARA, 2015).

Atualmente, o Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor mundial de milho, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Além disso, na safra 2022/2023, consolidou-se como o principal exportador global do grão, refletindo o avanço da produção nacional e a crescente competitividade no cenário internacional (USDA, 2024). Em termos econômicos, vale ressaltar que o Valor Bruto de Produção (VBP) do milho no Brasil foi de R\$ 101,8 bilhões em 2023, ficando atrás apenas da soja (IBGE, 2024). Nesse mesmo ano, o cultivo do grão ocupou uma área de 22,5 milhões de hectares, com uma produtividade média de 5.913 kg ha⁻¹ (IBGE, 2024), reforçando seu papel essencial na geração de receitas, no abastecimento do mercado interno e na competitividade do agronegócio brasileiro.

Além de abastecer o mercado interno, o Brasil se consolidou como um dos maiores exportadores globais de milho, com US\$ 13,6 bilhões em exportações em 2023 (ComexStat, 2024). Segundo Caldarelli e Bacchi (2012), a comercialização do grão é influenciada pelo preço internacional, pela demanda por ração animal e pela relação com a soja, já que ambos compartilham a mesma base produtiva e são essenciais para o setor de carnes. Além disso, a forte demanda interna por ração pode reduzir a disponibilidade do milho para exportação, impactando os preços e a competitividade brasileira no mercado global.

O Paraná, segundo maior produtor de milho do Brasil, perdendo apenas para o Mato Grosso, também desempenha um papel estratégico tanto no mercado interno quanto nas exportações. Em 2023, o estado foi o terceiro maior exportador do grão, com um total de US\$ 1,21 bilhões, representando cerca de 8,9% das exportações nacionais (ComexStat, 2024). Além disso, o Paraná é fundamental para o abastecimento da cadeia produtiva de proteínas animais, especialmente a avicultura e a suinocultura, que dependem do grão para alimentação. A cultura do milho também tem um impacto significativo na economia estadual, representando aproximadamente 14,78% do VBP nacional do grão em 2023 (IBGE, 2024).

Essa crescente participação no mercado global também expôs o Brasil a oscilações mais intensas nos preços do milho. A volatilidade dos preços é um fator determinante para a rentabilidade dos produtores paranaenses, sendo influenciada por variáveis como oferta e demanda, custos de produção, variações cambiais e oscilações nos preços internacionais das commodities agrícolas. Em períodos de safra cheia, o aumento da oferta pode pressionar os preços para baixo, reduzindo a margem de lucro dos agricultores. Por outro lado, quebras de

safras ou crescimento da demanda externa tendem a valorizar o produto. Além disso, os custos logísticos e a proximidade com os principais polos consumidores, como a indústria de proteína animal, exercem influência direta sobre os preços do grão no estado (SANCHES et al., 2024).

A Figura 1 mostra a variação do preço do milho entre 2016 e 2023. Entre 2016 e 2020, os preços permaneceram relativamente estáveis, variando entre R\$ 23,00 e R\$ 60,00 por saca (60kg ha^{-1}), com oscilações moderadas resultantes da dinâmica entre oferta e demanda, custos de produção e variações cambiais. No entanto, a partir de 2020, observa-se um aumento expressivo nos preços, que atingiram valores próximos a R\$ 130,00 por saca em 2021. Esse movimento foi impulsionado por uma combinação de fatores, incluindo a quebra de safra no Brasil devido a condições climáticas adversas (estiagens e geadas), a ocorrência de pragas e doenças, o aumento nos custos dos fertilizantes, a valorização do dólar frente ao real, que favoreceu as exportações, e a forte demanda global, especialmente da China (CONAB, 2024; USDA, 2024).

Em 2022, os preços continuaram elevados, refletindo o impacto da guerra entre Rússia e Ucrânia, que desorganizou o comércio internacional de grãos e fertilizantes, elevando os custos logísticos e de produção (FAO, 2023). No entanto, a partir de 2023, observa-se uma tendência de queda nos preços, impulsionada pela recuperação da produção brasileira e pela recomposição dos estoques globais. Apesar desse recuo, o mercado do milho continua sujeito a oscilações, exigindo dos produtores estratégias eficientes de gestão de risco para lidar com a instabilidade do mercado e manter a competitividade da cultura no Paraná (SANCHES; ALVES; BARROS, 2018).



Figura 1. Variação do preço (R\$) do milho em saca (60kg ha⁻¹) no período de 2016 a 2023 no estado do Paraná.
Fonte: SEAB, 2024.

2.3 PRODUÇÃO DO MILHO NO PARANÁ

A produção de milho no Paraná é caracterizada pela divisão em duas safras distintas: a primeira e a segunda. A primeira safra ocorre no período de outubro a fevereiro, sendo plantada na primavera e colhida durante o verão. Essa safra é favorecida por chuvas regulares e temperaturas elevadas, condições ideais para o desenvolvimento das plantas (CONTINI et al., 2019). No entanto, enfrenta desafios como a concorrência de área com a cultura da soja, que muitas vezes é priorizada pelos produtores devido à sua maior rentabilidade (VOLSI et al., 2021).

Já a segunda safra, é cultivada logo após a colheita da soja, entre fevereiro e março, com a colheita ocorrendo no outono e início do inverno. Essa safra tem se tornado cada vez mais representativa no Paraná, sendo responsável por grande parte da produção estadual (CONTINI et al., 2019). Apesar disso, enfrenta riscos maiores, como a menor disponibilidade hídrica e o aumento da incidência de pragas, como a cigarrinha do milho (DeLong; Wolcott, 1923), além de depender de condições climáticas favoráveis no final do ciclo (COTA et al., 2021).

A área plantada de milho no Paraná na safra 2022/2023 foi de 2,7 milhões de hectares, uma redução de aproximadamente 13,18% em comparação com a safra anterior. Desse total, a segunda safra representou 85% da área plantada, enquanto a primeira safra correspondeu a apenas 15%. Em termos de produção, a segunda safra alcançou 14,1 milhões de toneladas,

consolidando-se como a principal responsável pela produção estadual, enquanto a primeira safra produziu apenas 3,6 milhões de toneladas (SEAB, 2024). De acordo com Melo (2021), o mercado de milho se deu pelo deslocamento de área cultivada, da primeira para a segunda safra.

Apesar da maior participação na produção total de milho no Paraná, a segunda safra apresenta custos de produção mais elevados em comparação primeira safra. Fatores como maior incidência de pragas, necessidade de maior investimento em defensivos, melhoramento genético de cultivares e maior risco climático contribuem para reduzir sua rentabilidade, podendo, em alguns casos, resultar em prejuízo para os produtores (VOLSI et al., 2021).

O estado do Paraná é dividido em seis regiões intermediárias, conforme o IBGE: Cascavel, Londrina, Maringá, Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba. Para a safra de 2022/2023 a região de Cascavel é composta por 100 municípios, com uma área total de 856.478 hectares e uma produção de 5,8 milhões de toneladas. A região de Maringá, que abrange 115 municípios, possui a maior área cultivada, totalizando 882.708 hectares, com uma produção de 5,3 milhões de toneladas. Em Londrina, a área cultivada é de 630.074 hectares, resultando em uma produção de 3,5 milhões de toneladas distribuídas entre 94 municípios. Guarapuava, com 19 municípios, tem uma área de 133.090 hectares e produção de 1,2 milhão de toneladas. A região de Ponta Grossa, abrangendo 26 municípios, apresenta 162.710 hectares cultivados e produção de 1,5 milhão de toneladas. Já Curitiba, com 45 municípios e a menor área cultivada, de 62.776 hectares, registra uma produção de 503 mil toneladas (SEAB, 2024).

Para a safra 2022/2023 Ponta Grossa, Guarapuava, Cascavel e Curitiba são as principais regiões produtoras de milho na primeira safra, representando 32%, 23%, 22% e 13% da produção, respectivamente. Já na segunda safra, Maringá liderou com 37%, seguida por Cascavel (36%) e Londrina (23%) (SEAB, 2024). Esses dados destacam a especialização regional na cultura do milho, com algumas áreas focadas na primeira safra e outras na segunda safra, impactando o abastecimento e a comercialização do grão no estado.

A divisão entre as safras de milho no Paraná é um fator determinante para a dinâmica produtiva do estado, com a segunda safra consolidando-se como o principal responsável pela produção. No entanto, para que esse modelo seja sustentável e rentável, os produtores enfrentam desafios crescentes, especialmente com o avanço da cigarrinha do milho, uma praga que tem impactado a produtividade (COTA et al., 2021).

2.4 O COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO MILHO

2.4.1 Cigarrinha do Milho

O CEM é composto por quatro doenças e um inseto vetor. As doenças são causadas por dois mollicutes o enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelii*), o enfezamento vermelho (*Candidatus Phytoplasma asteris*), e dois vírus, à risca do milho (*Maize rayado fino virus*) (DAVIS et al., 1972; Lee et al., 1998; Waquil et al., 1999) e o mosaico estriado do milho (*Maize striate mosaic virus*) (FONTENELE, et al., 2018; Vilanova et al. 2022), todos são transmitidos pelo inseto vetor *Dalbulus maidis* (TRIPLEHORN; NAULT, 1985).

A cigarrinha do milho, *D. maidis* (Figura 2), pertence à ordem Hemiptera e à família Cicadellidae (TRIPLEHORN; NAULT, 1985). Este inseto é de pequeno porte, medindo entre 3,7 e 4,3 mm de comprimento. O desenvolvimento de *D. maidis* é hemimetábolo (ovo-ninfa-adulto) (WAQUIL, 2004). A fase de ovo dura cerca de nove dias, o estágio ninfal dura em torno de dezessete dias, sendo que cada fase ninfal dura em média três dias (WAQUIL, 1999) e os adultos chegam a viver de sete a oito semanas a uma temperatura de 26 °C, podendo chegar a quinze semanas (NAULT, 1998). As ninfas são de coloração palha, com manchas escuras no abdômen e olhos negros. Os adultos possuem duas manchas pretas circulares na parte dorsal da cabeça e apresentam duas fileiras de espinhos nas tíbias posteriores (TRIPLEHORN; NAULT, 1985).



Figura 2. Cigarrinha do milho – *Dalbulus maidis*.

Fonte: Próprio autor.

D. maidis tem como principal hospedeiro para alimentação e reprodução as plantas do gênero *Zea*, especialmente o milho, além de espécies anuais ou perenes de teosinto, sendo considerada monófaga (WAQUIL, 2004). A migração entre plantas é sua principal estratégia de sobrevivência, já que não apresenta diapausa (OLIVEIRA; LOPES; NAULT, 2013). Outras plantas da família Poaceae podem contribuir para a sobrevivência temporária da cigarrinha-do-milho em áreas recém-colhidas, permitindo sua permanência por alguns dias. Culturas como milheto, sorgo e braquiária podem servir como abrigo transitório para o inseto até que ele encontre hospedeiros ideais para se alimentar e se reproduzir (SABATO et al., 2018). Essa praga também pode ser encontrada em *Tripsacum* e *Euchlaena* (WAQUIL, 2004).

Com aparelho bucal sugador, alimenta-se da seiva elaborada das plantas, preferencialmente nos cartuchos do milho, sendo um dos principais vetores do CEM (TRIPLEHORN; NAULT, 1985; ZURITA et al., 2000). O inseto ataca as plantas desde a fase de emergência até o pendoamento (VE – VT), com maior severidade nos estágios V2-V3, quando as plantas são mais jovens (WAQUIL, 2004). Ao observar a folha do milho contra a luz, é possível visualizar os ovos translúcidos da cigarrinha, com cerca de 0,2 mm. Geralmente, a cigarrinha do milho permanece inerte enquanto se alimenta, mas se move rapidamente quando perturbada, deslocando-se lateralmente sobre a planta. As fêmeas depositam seus ovos no mesófilo das folhas, preferencialmente perto da nervura central, e são geralmente maiores que os machos (WAQUIL, 2004; ÁVILA et al., 2021).

Algumas características de *D. maidis*, como seu elevado potencial biótico e a capacidade de migração a longas distâncias, favorecem infestações em lavouras de milho (OLIVEIRA, 2000). A cigarrinha pode colonizar desde campos recém-germinados até o florescimento, acompanhando a progressão das gerações do inseto e a entrada de outras cigarrinhas adultas, especialmente quando há plantas adultas nas proximidades, como milho tiguera (LEGRAND; POWER, 1994; OLIVEIRA et al., 2015).

O milho voluntário, também conhecido como milho tiguera ou guaxo, refere-se a plantas de milho que emergem espontaneamente a partir de grãos perdidos durante a colheita anterior. Essas plantas atuam como uma ponte verde, permitindo a sobrevivência de pragas e patógenos durante a entressafra. No caso da *D. maidis*, o milho tiguera serve como fonte de alimento e local de reprodução, facilitando a manutenção e disseminação dos patógenos associados ao CEM (SABATO et al., 2018). A presença contínua dessas plantas no campo contribui para a perpetuação do inóculo, aumentando o risco de infestações nas safras subsequentes. Portanto, é fundamental implementar estratégias de manejo que visem a eliminação do milho tiguera durante a entressafra, como a dessecação antecipada dessas plantas,

para interromper o ciclo biológico da cigarrinha e reduzir a incidência de doenças no milho cultivado posteriormente (COTA et al., 2021).

Não apenas a cigarrinha do milho tem sido associada à transmissão dos patógenos do CEM, atualmente, a cigarrinha africana *Leptodelphax maculigera* Stål, 1859 (Hemiptera: Delphacidae) vem sendo estudada como um possível vetor desses mesmos agentes, devido à detecção molecular de *Spiroplasma kunkelii*, *Candidatus Phytoplasma asteris*, Maize rayado fino virus (MRFV) e Maize striate mosaic virus (MSMV) em populações dessa espécie no Sul do Brasil (Canale et al., 2023; Stürmer et al., 2024). Essa cigarrinha foi registrada pela primeira vez no Brasil por Ferreira et al. (2023), no estado de Goiás, e desde então já teve sua presença confirmada em regiões produtoras de milho nos estados do Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Minas Gerais (Bortolotto et al., 2023; Canale et al., 2023; Silva et al., 2025). Embora possa ocorrer também em outras gramíneas, sua presença recorrente em áreas de cultivo de milho levanta preocupações quanto ao seu papel epidemiológico. A espécie apresenta características morfológicas que permitem sua diferenciação de outras cigarrinhas, como o clipeo com mancha preta, pedicelos antenais dilatados e esporões visíveis nas tíbias do terceiro par de pernas (Stål, 1864). Apesar de ainda não haver comprovação experimental da sua capacidade de transmissão, o conjunto de evidências atuais justifica o monitoramento contínuo e o aprofundamento de estudos sobre sua bioecologia no agroecossistema do milho.

2.4.2 Doenças que Compõe o Complexo de Enfezamento do Milho

As doenças que compõem o CEM foram relatadas no Brasil na década de 1970 e, ao longo dos anos, sua importância aumentou devido às mudanças nos sistemas de cultivo e à intensificação da cultura, especialmente pela expansão do milho segunda safra, que prolongou a presença da cultura no campo, criando condições favoráveis para a manutenção do inóculo das doenças e a sobrevivência da cigarrinha do milho ao longo dos anos (OLIVEIRA, 2002).

O enfezamento pálido (Figura 2A) é uma doença sistêmica causada pela bactéria *Spiroplasma kunkelii*, pertencente à classe *Mollicutes*. Esse patógeno coloniza os vasos do floema das plantas de milho, comprometendo o transporte de nutrientes e alterando processos fisiológicos essenciais. Uma vez contaminado, o inseto permanece como vetor durante toda a sua vida, transmitindo o patógeno a novas plantas (WHITCOMB et al., 1986; OLIVEIRA et al., 2002; SABATO et al., 2018).

Os sintomas iniciais da doença incluem estrias cloróticas finas e irregulares nas folhas mais jovens, que partem da base e se estendem até o ápice da planta. Com o avanço da infecção, ocorre um encurtamento acentuado dos entrenós, resultando em plantas de porte reduzido e aspecto raquítico. Além disso, observa-se o perfilhamento excessivo, um sintoma característico que faz com que a planta emita novos brotos na base, semelhante a um "arbusto". As espigas apresentam desenvolvimento irregular, com grãos mal formados e menor capacidade produtiva. A severidade dos sintomas pode variar conforme a suscetibilidade do híbrido cultivado, a época de plantio e a presença do vetor na lavoura (OLIVEIRA et al., 2002).

Além do enfezamento pálido, outro patógeno pertencente à classe *Mollicutes* é o causador do enfezamento vermelho (Figura 2B), o fitoplasma "*Candidatus Phytoplasma asteris*". Embora também colonize os vasos do floema, esse patógeno apresenta sintomas distintos, afetando diretamente o desenvolvimento e a coloração das plantas infectadas (KITAJIMA; COSTA, 1972; OLIVEIRA, 2003a).

Um dos principais sintomas da doença é o amarelecimento inicial das folhas jovens, que evolui para uma coloração avermelhada ou arroxeadada, principalmente nas bordas das folhas mais velhas (NAULT, 1980). Além disso, a doença provoca nanismo severo, resultando em plantas atrofiadas, com crescimento desigual e deformações foliares. Outro sintoma marcante é a proliferação anormal de brotações laterais, conferindo às plantas um aspecto arbustivo ainda mais acentuado do que no enfezamento pálido. O desenvolvimento das espigas também é comprometido, sendo comum a presença de grãos chochos, deformados ou até mesmo a ausência total de granação, levando à esterilidade parcial ou completa da planta (GAMARRA et al., 2022)

Apenas com a observação dos sintomas visuais das bactérias, não é possível realizar uma identificação precisa, pois outras doenças podem causar manifestações semelhantes. Por isso, a detecção laboratorial torna-se essencial para confirmar a presença dos patógenos, sendo a técnica de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) uma das mais utilizadas para essa finalidade. Estudos conduzidos por Oliveira et al. (2002) demonstraram que o PCR pode identificar esses patógenos em diferentes partes da planta de milho, incluindo folhas em distintos estágios de desenvolvimento. Além disso, Oliveira et al. (2003b) confirmaram a presença dos mollicutes em plantas sintomáticas por meio de primers específicos, reforçando a relevância dessa metodologia para a detecção precoce e o monitoramento das doenças do CEM.



Figura 3. Sintomas de Enfezamentos em plantas de milho. (A) Enfezamento Pálido - *Spiroplasma kunkelii*; (B) Enfezamento Vermelho - *Candidatus Phytoplasma asteris*.

Fonte: Próprio autor.

As viroses risca do milho (*Marafivirus maydis* syn. *Maize rayado fino virus* – MRFV) (figura 4A) e mosaico estriado do milho (*Maize Striate Mosaic Virus*-MSMV) (Figura 4B e 4C) também ocorrem em milho e apresentam sintomas semelhantes, tornando sua distinção a campo um desafio. Os vírus MRFV e MSMV são transmitidos de forma persistente pela cigarrinha do milho *D. maidis*, contudo, o MRFV apresenta transmissão propagativa, enquanto o MSMV é não propagativo. Ambos colonizam os vasos do floema, causando pontos cloróticos na face adaxial das folhas. Com a progressão da infecção, esses pontos se unem, formando riscas longitudinais, além de provocarem redução no crescimento das plantas (OLIVEIRA, 2003a; FONTENELE et al., 2018; XU et al., 2021; VILANOVA et al., 2022).

Nos últimos anos, a detecção dessas viroses tem aumentado, e o MSMV pode estar se tornando um novo componente do CEM, dada sua sintomatologia semelhante ao MRFV e sua estreita relação com o vetor. Para diferenciar esses vírus e compreender melhor sua distribuição nas lavouras, a identificação laboratorial por meio de ferramentas de biologia molecular como a PCR é essencial (VILANOVA et al., 2022).



Figura 4. Sintomas de Vírus em plantas de milho. (A) Risca do milho - *Marafivirus maydis* – syn. *Maize rayado fino virus*. (B e C) Mosaico estriado do milho – *Maize striate mosaic virus*.

Fonte: A: Laboratório de Bacteriologia – IDR-PR. B e C: Vilanova et al. (2022).

Diante da complexidade do CEM e de sua estreita relação com a cigarrinha do milho, os sintomas provocados por essas doenças comprometem diretamente o desenvolvimento das plantas, resultando em perdas de produtividade. A severidade da infecção pode levar à redução no porte das plantas, falhas na formação das espigas, além de menor rendimento na colheita. Esses impactos agrônômicos refletem diretamente no setor produtivo, afetando a rentabilidade dos produtores e a oferta de milho no mercado. Assim, compreender as perdas associadas ao CEM é fundamental para quantificar seus efeitos e embasar estratégias que minimizem os prejuízos econômicos causados por essas doenças (COTA et al., 2021).

2.5 PERDAS OCASIONADAS PELO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO DO MILHO

O CEM tem se consolidado como um dos principais desafios fitossanitários da cultura do milho no Brasil, podendo causar perdas superiores a 70% na produção de grãos em lavouras severamente afetadas (COTA et al., 2021). A ampla janela de semeadura e o aumento da área plantada favorecem a permanência da cigarrinha e dos patógenos no campo, criando um ambiente propício para infecções sucessivas ao longo das safras (CUNHA et al., 2019). Desde 2015, essas doenças se tornaram uma das principais ameaças à produtividade do milho, impactando não apenas o rendimento da cultura, mas também a economia do setor agrícola, devido à necessidade de investimentos adicionais em manejo e controle para reduzir os danos (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2021).

A produtividade do milho é influenciada por diversos fatores, como condições climáticas, manejo agrícola e a incidência de pragas e doenças, sendo o CEM um dos

principais responsáveis pelas perdas na cultura (COTA et al., 2018). As doenças associadas ao CEM interferem diretamente no desenvolvimento da planta, reduzindo seu porte, afetando a formação das espigas e comprometendo a qualidade dos grãos, o que resulta em menores rendimentos (OLIVEIRA et al., 2003b; SABATO et al., 2017). A severidade da infecção varia conforme a época de plantio, a densidade populacional da cigarrinha do milho e a suscetibilidade do híbrido cultivado (COSTA et al., 2019; COTA et al., 2021).

A expansão do milho segunda safra tem favorecido a disseminação do CEM, pois a sucessão de plantios mantém hospedeiros vivos ao longo de todo o ano, permitindo a sobrevivência da cigarrinha e dos patógenos no campo (SABATO et al., 2017). Além disso, a presença do milho tiguera forma uma ponte verde, garantindo a continuidade do inóculo e possibilitando infecções sucessivas entre safras. Esse efeito acumulativo aumenta a incidência do CEM, intensifica as perdas de produtividade e torna a doença um problema persistente em regiões produtoras (COSTA et al., 2019).

Lavouras semeadas em períodos tardios estão mais suscetíveis ao CEM, apresentando maior severidade de sintomas e reduções expressivas na produtividade. A infecção precoce pode comprometer o desenvolvimento da planta, levando a espigas menores, grãos chochos e falhas na polinização, reduzindo a produção de grãos por metro quadrado (COTA et al., 2018; COSTA et al., 2019). Em casos extremos, quando a pressão do vetor é elevada e híbridos suscetíveis são cultivados, as perdas podem atingir 100% da produção, inviabilizando economicamente a lavoura (SABATO et al., 2017).

As perdas econômicas associadas ao CEM impactam toda a cadeia produtiva do milho. No Paraná, a safra de 2000/2001 registrou perdas estimadas em US\$ 16,5 milhões, evidenciando o impacto econômico da doença (OLIVEIRA et al., 2003b). Além disso, sistemas produtivos baseados na sucessão soja-milho apresentam maior vulnerabilidade a surtos de doenças, uma vez que a dependência exclusiva do milho contribui para a pressão contínua do vetor e para a permanência dos patógenos no ambiente, afetando diretamente a produtividade e a rentabilidade da cultura (VOLSI et al., 2021).

A quantificação dessas perdas econômicas é baseada na produtividade da lavoura, sendo realizada por meio da comparação entre a produção esperada e a produção real após a infecção. Essa abordagem permite avaliar o impacto do CEM em diferentes condições de cultivo e compreender as variações nos danos ao setor agrícola (OERKE, 2006; DEUTSCH et al., 2018). A redução na produção de milho não apenas afeta a rentabilidade dos produtores, mas também influencia o abastecimento do mercado e a precificação do grão, tornando o CEM uma preocupação crescente para a sustentabilidade da cultura (OLIVEIRA et al., 2003b).

Entre as estratégias culturais que minimizam as perdas, destaca-se a eliminação do milho tiguera, que atua como uma ponte verde para a sobrevivência do inseto e dos patógenos entre safras. Além disso, a redução da janela de plantio e o escalonamento da semeadura contribuem para diminuir a pressão do vetor sobre a lavoura. O uso de híbridos com tolerância genética ao CEM também tem se mostrado uma alternativa eficiente para reduzir os impactos das infecções (ÁVILA et al., 2021).

Apesar dos avanços no entendimento do CEM, ainda há necessidade de mais estudos que enfatizem as perdas de produtividade e os impactos econômicos da doença. A ampliação das pesquisas nesse campo é essencial para desenvolver estratégias eficazes de manejo e garantir a sustentabilidade da cultura do milho.

Nesse contexto, a hipótese deste estudo é que o CEM tem causado perdas cada vez maiores na produtividade de milho esperada pelos agricultores no Paraná. Além disso, essas perdas na produtividade resultam em impactos econômicos.

Assim, o objetivo deste estudo foi verificar as perdas da produtividade esperada associadas ao CEM, e estimar as perdas econômicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS¹

3.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo sobre as perdas de produtividade e o impacto econômico resultantes da ocorrência das doenças que compõem o CEM no Paraná foi realizado no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), em 423 propriedades agrícolas, distribuídos em 131 municípios do estado do Paraná (Figura 1), abrangendo as primeiras safras dos anos agrícolas de 2021/2022 e 2022/2023 e as segundas safras dos anos agrícolas de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 (Tabela 1).

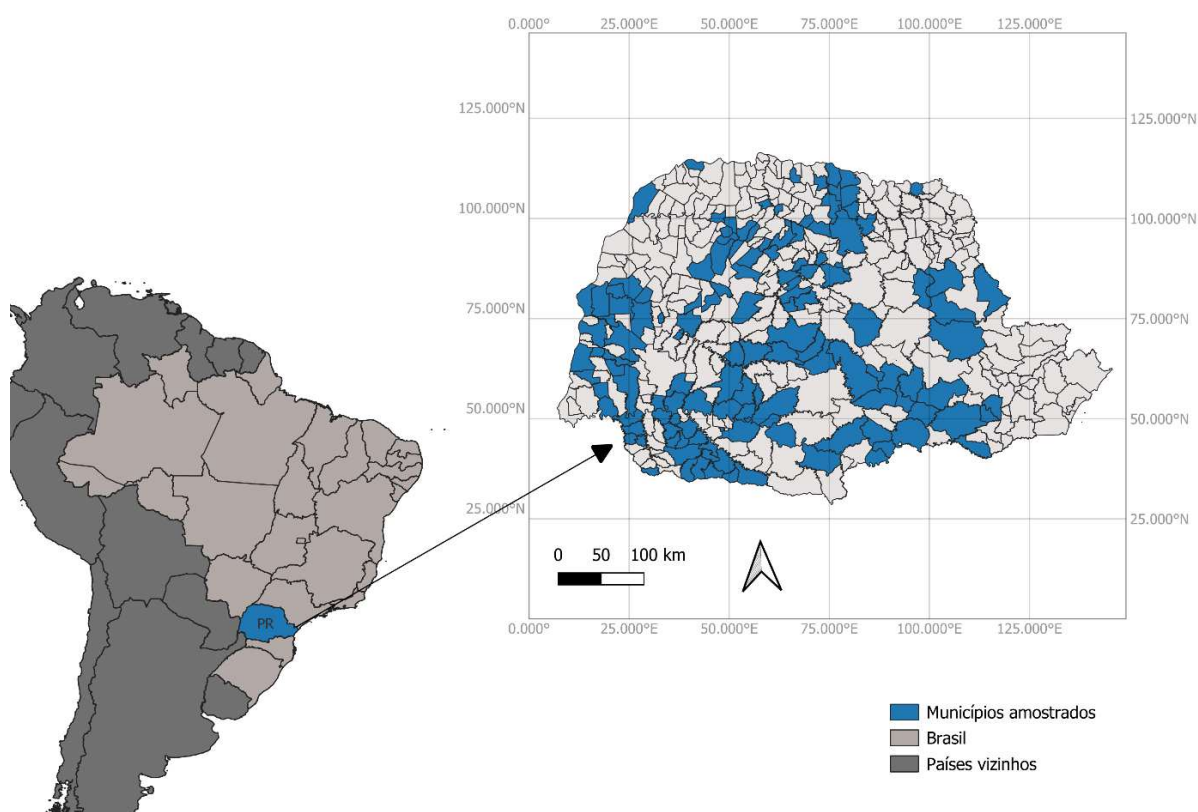


Figura 5. Locais de coleta de amostras de plantas de milho nos municípios do Paraná para diagnóstico de doenças do Complexo de Enfezamento do Milho na primeira e segunda safra nos anos agrícolas de 2020/2021 a 2022/2023.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor com base no IBGE.

¹ Este estudo é parte do projeto Ocorrência e etiologia do complexo de enfezamento em plantas de milho no estado do Paraná, desenvolvido pela Rede de Agropesquisa Complexo de Enfezamento do Milho – CEM (Fundação Araucária / SETI-PR / SENAR-PR - Chamada Pública N°13/2022). A rede se caracteriza como um NAPI – Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação – e foi instituída, em 2023, para atender a uma demanda do setor agrícola do estado, que vem registrando prejuízos causados pelos enfezamentos e viroses transmitidos pela cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (IARAUCARIA, 2025).

Tabela 1. Período de amostragem e número de propriedades para detecção das doenças que compõem do Complexo de enfezamento do milho no estado do Paraná.

Safra	Ano agrícola	Número de Propriedades
Primeira	2021/2022	61
Primeira	2022/2023	13
Segunda	2020/2021	125
Segunda	2021/2022	121
Segunda	2022/2023	103

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

3.2 COLETA DE MATERIAL VEGETAL, APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO E ANÁLISES LABORATORIAIS ²

A pesquisa foi conduzida em propriedades dedicadas a cultura de milho de primeira e de segunda safra. Em cada propriedade, foram coletadas três amostras de plantas sintomáticas, simultaneamente à aplicação de um questionário estruturado do tipo *survey*, junto aos agricultores responsáveis pelas propriedades rurais. Na sequência, as amostras foram avaliadas em laboratório e as informações extraídas dos questionários foram analisadas.

Em cada local, as amostras foram obtidas entre o pendoamento e maturação fisiológica do milho, garantindo a presença de folhas vivas no momento da coleta. Cada amostra foi devidamente identificada por meio do preenchimento de um termo de coleta, assegurando a rastreabilidade do material. A coleta das folhas de milho seguiu um protocolo padronizado (Anexo 1), a fim de garantir uniformidade entre os procedimentos. Tanto a aplicação dos questionários quanto a coleta das amostras foram realizadas por extensionistas do IDR-Paraná, contudo, não foram especificadas a quantidade de amostras coletadas por safra e por região.

A presença ou ausência dos patógenos associados ao CEM foram detectados nos Laboratórios de Bacteriologia e de Virologia do IDR-Paraná, por meio de análises realizadas nas amostras de folha de milho coletadas em cada uma das propriedades avaliadas.

A detecção dos mollicutes foi realizada por meio da extração do DNA total da amostra (Murray; Thompson, 1980-com modificações). Em seguida foi realizada a PCR Multiplex para as bactérias *S. kunkelii* e *Ca. Phytoplasma asteris*, de acordo com as condições descritas por Lee et al. (1993) e Barros et al. (2001). A extração de RNA total para o vírus *M. maydis*, foi realizada utilizando o método do TRIzol, seguido da técnica de 'Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction' (RT-PCR), conforme descrita por Hammond et al. (1997) e Hammond e Bedendo (2001).

² O questionário foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa e aprovado sob o parecer nº 6.212.485.

A localidade foi considerada positiva para incidência das doenças do CEM quando foi detectada a presença de pelo menos um dos patógenos *S. kunkelii* e *Ca. Phytoplasma asteris* e *M. maydis*.

3.3 ANÁLISES DAS PERDAS DE PRODUTIVIDADE E DAS PERDAS ECONÔMICAS

Para avaliar as perdas de produtividade, foram utilizadas as informações declaradas pelos produtores rurais nos questionários aplicados durante a coleta de amostras. Cada produtor informou a produtividade esperada e a produtividade efetivamente obtida ao final do ciclo da cultura, expressas em kg ha⁻¹. As porcentagens de perdas de produtividade (PP) decorrentes do CEM foram calculadas pela produtividade obtida declarada (PO) e da produtividade esperada declarada (PE) com base na Equação 1.

$$PP (\%) = \frac{(PO - PE)}{PE} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Para análise econômica foram considerados valores médios pagos pelo milho divulgado pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB). Para primeira safra foram considerados valores de fevereiro de cada ano e para segunda safra de agosto de cada ano.

Para calcular a perda econômica, multiplicou-se o valor médio pago em kg ha⁻¹ pela quantidade de produtividade esperada e obtida, a fim de determinar o valor total correspondente a cada quantidade. A perda econômica foi encontrada subtraindo-se o valor total da produtividade obtida do valor total da produtividade esperada. Assim, a diferença entre esses dois valores representa a perda econômica total. Todos os valores monetários foram corrigidos para junho de 2024, utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A comparação entre a produtividade esperada e a obtida foi realizada separadamente para cada safra, utilizando o teste t Student, que avalia se há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias de dois grupos.

4 RESULTADOS

Os patógenos *S. kunkelii* (enfezamento pálido), *Ca. Phytoplasma asteris* (enfezamento vermelho) e *M. maydis* (risca do milho) foram detectados em 77,8% das amostras coletadas na primeira safra e na segunda safra dos anos agrícolas de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 (Figura 6).

A distribuição das amostras indica a presença das doenças do CEM em praticamente todo o estado do Paraná, com maior concentração de amostras positivas nas regiões geográficas intermediárias do Oeste (Cascavel) e Noroeste (Maringá), tradicionalmente produtoras de milho segunda safra (SEAB, 2024).

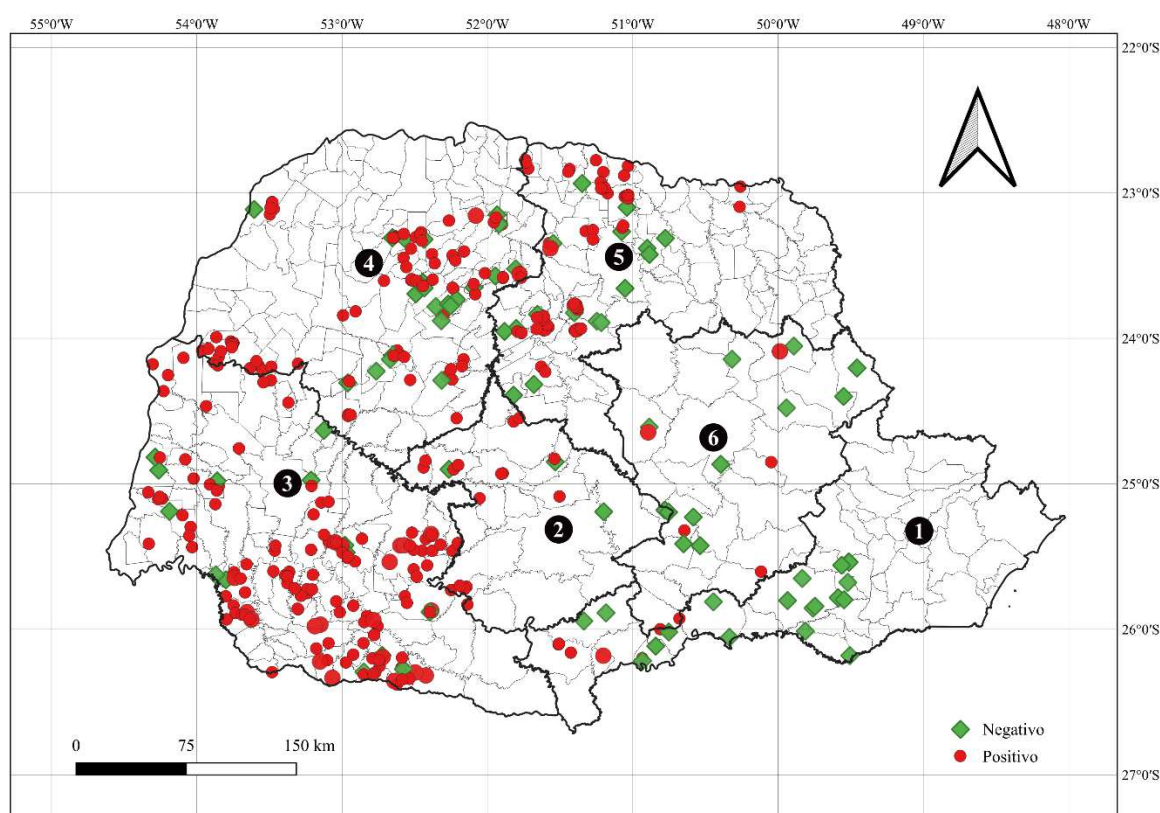


Figura 6. Distribuição das amostras de folha de milho coletadas e diagnóstico para doenças do complexo de enfezamento do milho, nas Safras 2020/2021 a 2022/2023 no estado do Paraná.

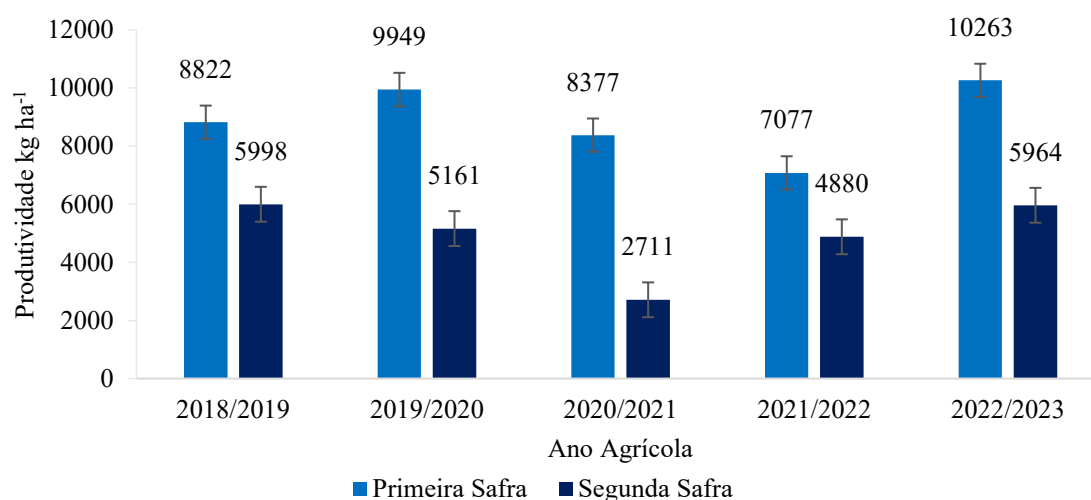
Nota: Regiões geográficas intermediárias segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: 1. Curitiba; 2. Guarapuava; 3. Cascavel; 4. Maringá; 5. Londrina; 6. Ponta Grossa.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

A produtividade média do milho no Paraná apresentou um aumento entre os anos agrícolas de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023, com variações distintas entre a primeira e a segunda safra. A primeira safra registrou produtividades superiores, variando de 7.446 kg ha⁻¹ em 2021/2022 a 10.623 kg ha⁻¹ em 2022/2023. Apesar das oscilações ao longo dos anos, observa-se uma tendência de crescimento, especialmente na última safra analisada.

A segunda safra apresentou variações na produtividade nos anos agrícolas analisados, em 2020/2021 atingiu a menor produtividade com média de 2.711 kg ha⁻¹, em 2021/2022, houve aumento para 4.880 kg ha⁻¹. Já em 2022/2023, a produtividade continuou em alta (5.964 kg ha⁻¹), evidenciando uma tendência de recuperação nos últimos anos (SEAB, 2024).

Figura 7 – Evolução da produtividade média kg ha⁻¹ do milho na primeira e segunda safra nos anos agrícolas de 2020/2021 a 2022/2023 no Paraná (SEAB, 2024).



4.1 PRIMEIRA SAFRA

Na primeira safra de 2021/2022, os patógenos que causam as doenças do CEM foram detectados em 45,9% das 61 amostras coletadas (Figura 8a). As regiões geográficas intermediárias de Curitiba e de Maringá apresentaram predominância de amostras negativas, enquanto a região geográfica intermediária de Cascavel apresentou apenas amostras positivas. Nas regiões geográficas intermediárias de Londrina e de Ponta Grossa, foram registradas tanto amostras positivas quanto negativas. Não houve coleta de amostras na região geográfica intermediária de Guarapuava.

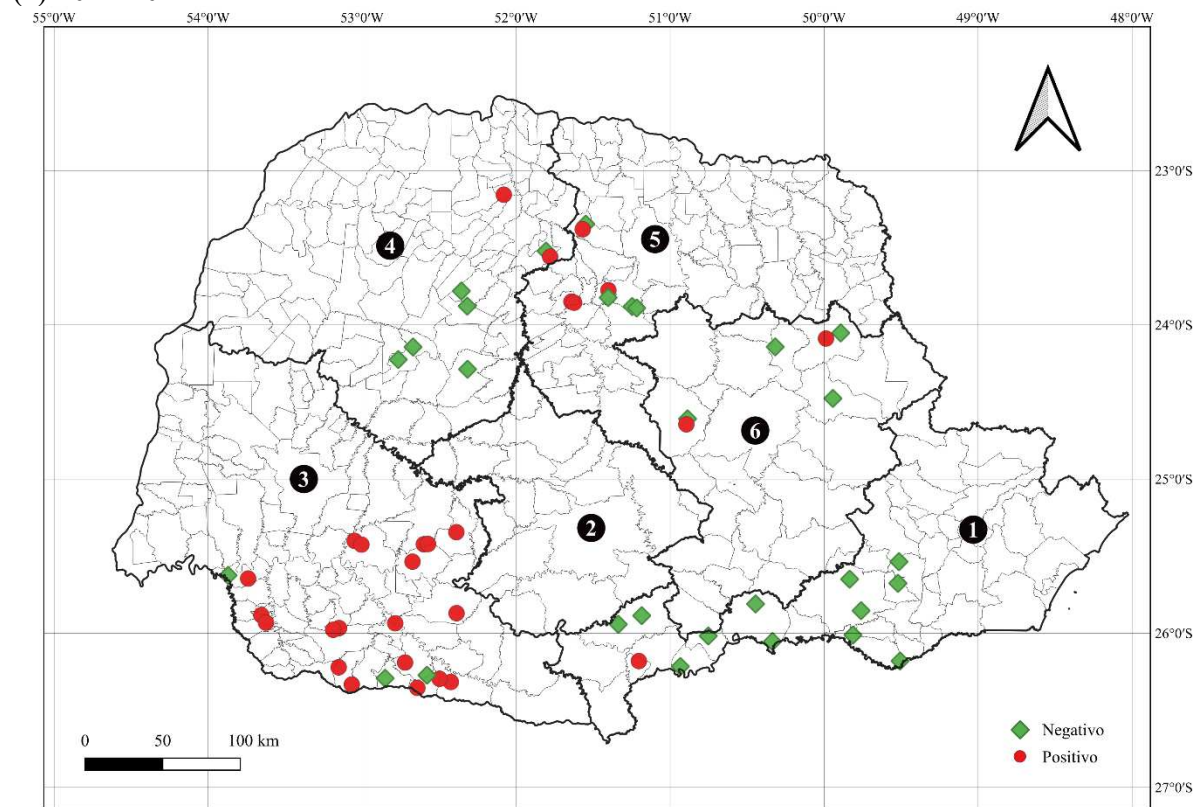
Na primeira safra de 2022/2023, foram coletadas 13 amostras, concentradas nas regiões geográficas intermediárias de Ponta Grossa, de Curitiba e de Guarapuava, todas negativas para os patógenos do CEM (Figura 8B).

As regiões geográficas intermediárias produtoras de milho primeira safra, apresentaram variações entre a produtividade esperada e a obtida (Figura 9). A perda de produtividade declarada pelos produtores do Paraná em relação a primeira safra do ano agrícola de 2021/2022 foi em média 31,2%. Na região geográfica intermediária de Curitiba a perda de

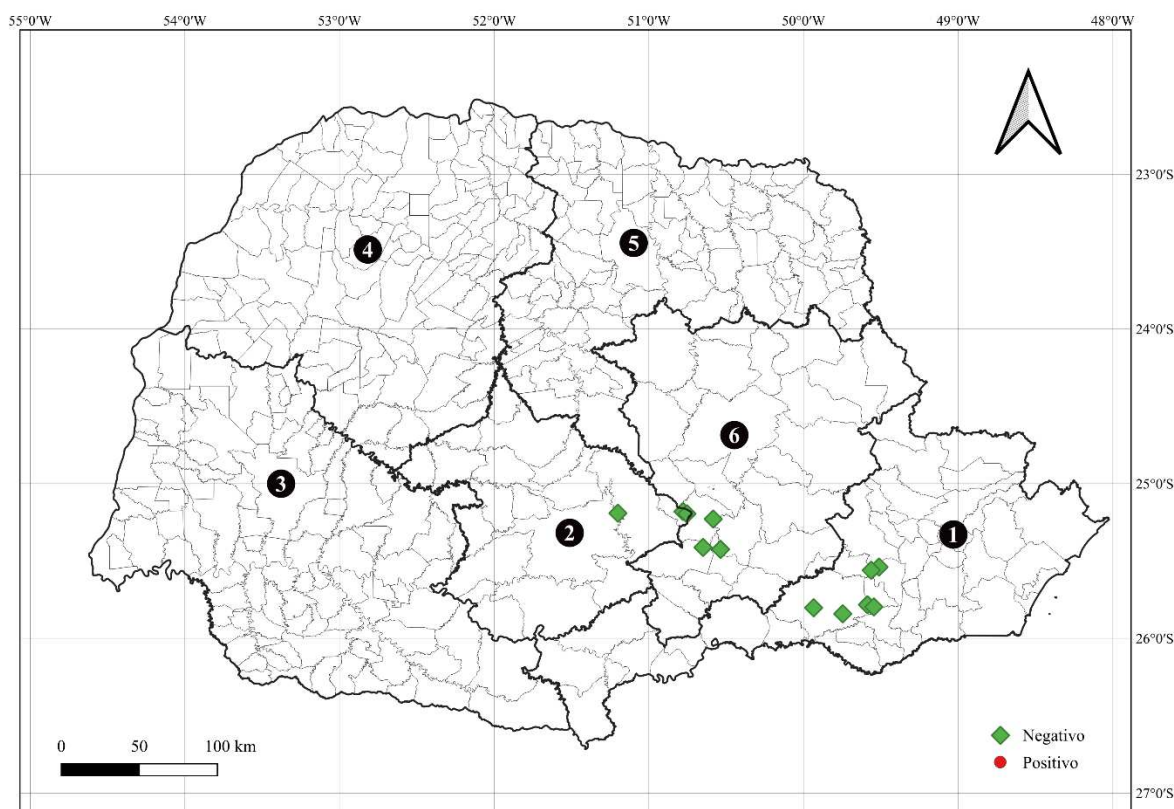
produtividade do CEM foi de 50,0%, na de Maringá 36,3%, na de Ponta Grossa 29,2%, na de Cascavel 23,4% e na de Londrina 17,1%. Como resultado, as perdas econômicas estimadas foram de R\$ 6.057 ha⁻¹, R\$ 5.9181 ha⁻¹, R\$ 5.018 ha⁻¹, R\$ 4.055 ha⁻¹, R\$ 3.288 ha⁻¹, respectivamente.

Em relação à média da produção estadual do Paraná, as perdas de produtividade, com base na produtividade obtida declarada pelos produtores, foram de 11,2%, resultando em perdas médias econômicas estimadas de R\$ 1.373 por hectare para o estado (Tabela 2).

Figura 7 – Distribuição geográfica das amostras de milho coletadas e diagnóstico para doenças do complexo de enfezamento do milho, na primeira safra de (a) 2021/2022 e (b) 2022/2023 no estado do Paraná.



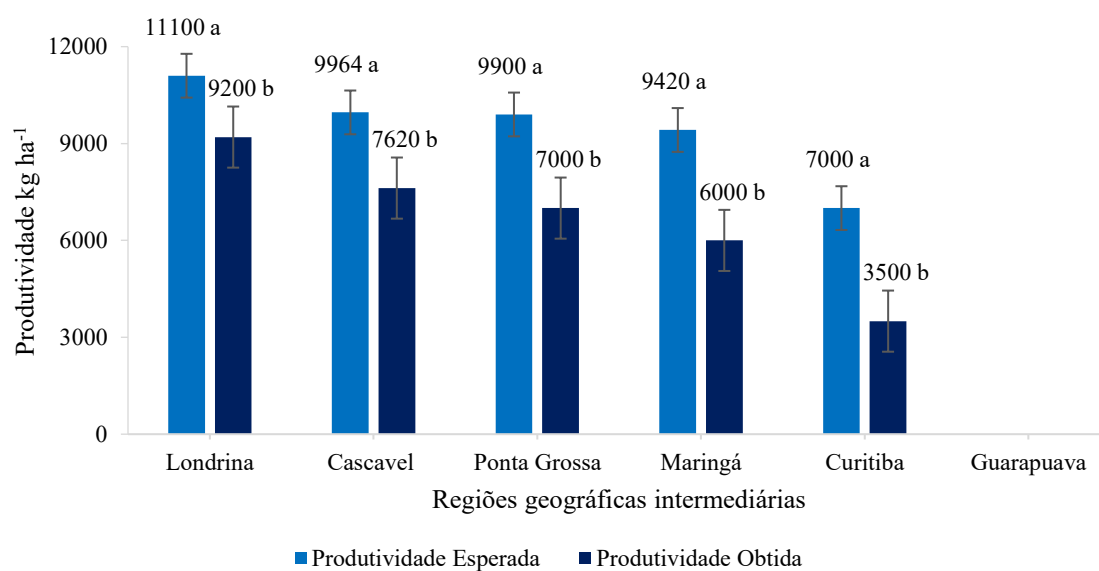
(b) 2022/2023



Nota: Regiões geográficas intermediárias disponibilizado pelo IBGE: 1. Curitiba; 2. Guarapuava; 3. Cascavel; 4. Maringá; 5. Londrina; 6. Ponta Grossa.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Figura 8 – Produtividade do milho declarada pelos produtores por regiões geográficas intermediárias na primeira safra de 2021/2022 no Paraná.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor com base na divisão do IBGE (2017).

Notas: Médias de cada região seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste t ao nível de 0,05% de probabilidade.

4.2 SEGUNDA SAFRA

Na segunda safra de 2020/2021, os patógenos que causam as doenças do CEM foram detectados em 66,4% das 125 amostras coletadas, (Figura 10a). A região de Cascavel apresentou a maior prevalência de amostras positivas, enquanto as regiões geográficas intermediárias de Maringá, Londrina, Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba registraram tanto amostras positivas quanto negativas. No ano agrícola de 2020/2021 foram registradas perdas de produtividade causadas pelo CEM em todas as regiões analisadas (Figura 11), com perda média de produtividade no estado do Paraná de 45,8%. As perdas econômicas foram estimadas para as regiões geográficas intermediárias de Londrina em R\$ 6.155 ha⁻¹ (61,3%), Maringá em R\$ 6.034 ha⁻¹ (53,8%), Guarapuava em R\$ 4.207 ha⁻¹ (41,2%), Cascavel em R\$ 4.634 ha⁻¹ (43,7%), Curitiba em R\$ 4.826 ha⁻¹ (44,4%) e Ponta Grossa em R\$ 3.201 ha⁻¹ (30,4%).

Na segunda safra do ano agrícola de 2021/2022, os patógenos que causam as doenças do CEM foram detectados em 95% das 121 amostras coletadas (Figura 10B). A região geográfica intermediária de Cascavel manteve a maior prevalência de amostras positivas, enquanto as regiões geográficas intermediárias de Maringá e de Londrina continuaram registrando amostras positivas e negativas. Na região geográfica intermediária de Guarapuava, todas as amostras foram positivas. Nesta safra não houve coleta de amostras nas regiões geográficas intermediárias de Ponta Grossa e de Curitiba.

Em relação às perdas associadas ao CEM na mesma safra agrícola, o Paraná apresentou perdas de 40,4%, onde foram identificadas em quatro regiões, abrangendo 56 propriedades. As áreas produtoras de milho apresentaram discrepâncias entre as produtividades esperadas pelos agricultores e a produtividade obtida (Figura 11B). A região geográfica intermediária de Guarapuava registrou uma redução de produtividade de 46,8%, a região de Maringá com 40,5%, região de Londrina com 37,8%, e região de Cascavel com 36,6%.

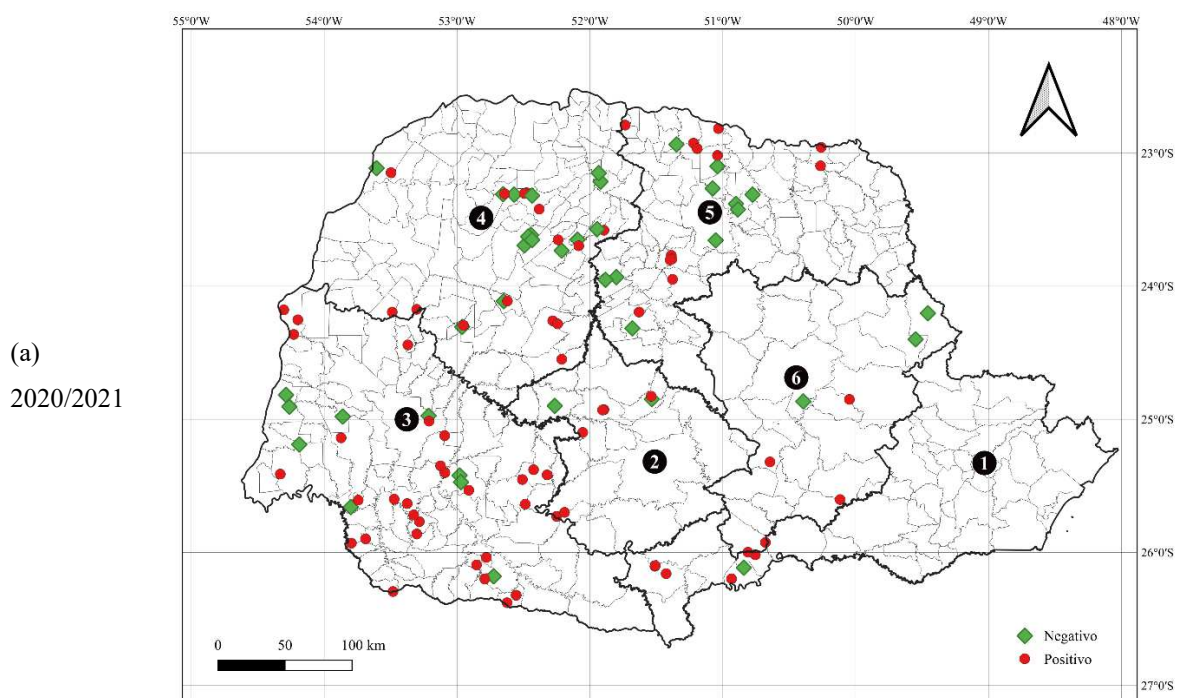
As perdas econômicas apresentaram variações na segunda safra de 2021/2022. A região geográfica intermediária de Guarapuava apresentou uma perda econômica de R\$ 5.574 ha⁻¹, a região de Maringá de R\$ 3.270 ha⁻¹, a região de Londrina de R\$ 3.176 ha⁻¹ e a região de Cascavel registrou perdas de R\$ 3.351 ha⁻¹.

Na segunda safra do ano agrícola de 2022/2023, todas as 103 amostras analisadas foram positivas para o CEM (Figura 10C). As amostras foram predominantemente coletadas nas regiões geográficas intermediárias de Cascavel, Maringá, Londrina e Guarapuava. Assim como na safra anterior, não houve coleta de amostras em Ponta Grossa e Curitiba.

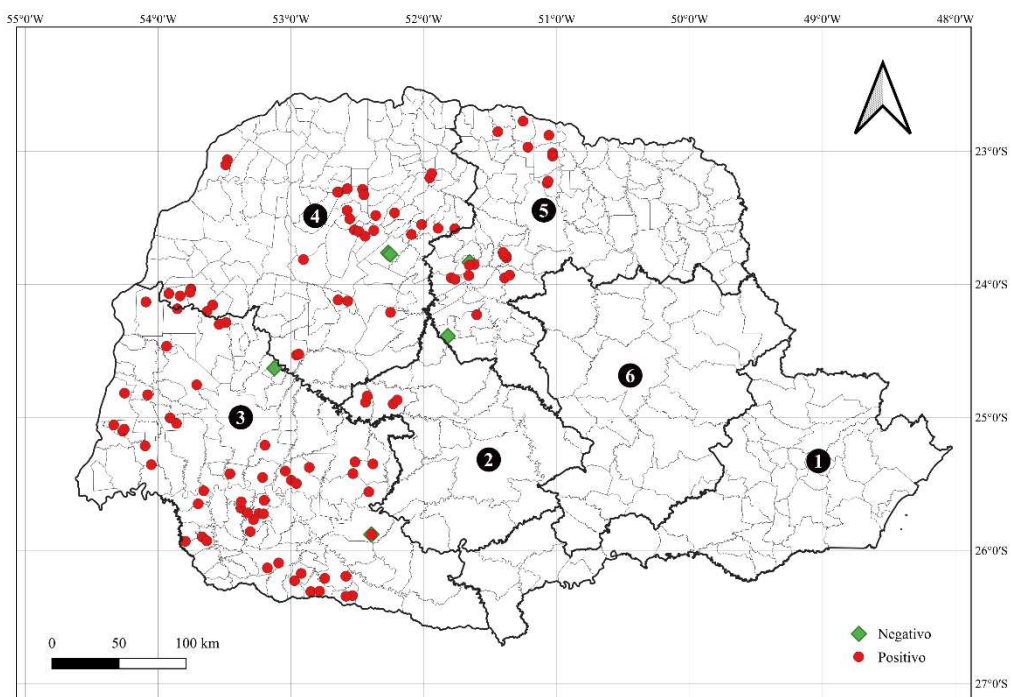
As perdas de produtividade foram observadas em quatro regiões geográficas intermediárias do Paraná do mesmo ano agrícola, abrangendo um total de 97 propriedades, apresentando perdas média para o estado de 29,9%. As áreas produtoras de milho continuaram apresentando discrepâncias entre a produtividade estimada pelos agricultores e a produtividade obtida (Figura 11C). A região geográfica intermediária de Maringá registrou a maior redução, com 35,6%, seguida pelas regiões de Cascavel, com 35,3%, de Londrina, com 24,8%, e de Guarapuava, com 24 %.

As perdas econômicas também apresentaram variações na segunda safra de 2022/2023. Na região geográfica intermediária de Maringá registrou-se uma perda econômica de R\$ 1.639 ha⁻¹, região de Cascavel de R\$ 1.754 ha⁻¹, região de Guarapuava de R\$ 1.538 ha⁻¹, e a região de Londrina apresentou a menor perda econômica, com R\$ 999 ha⁻¹.

Comparando a produtividade obtida de milho declarada pelos produtores com a média da produção estadual do Paraná, as perdas de produtividade foram de 0,06% na safra 2020/2021 com perda econômica estimada em R\$ 2,81 ha⁻¹, 12,4% na safra 2021/2022 com perda econômica estimada em R\$ 836 ha⁻¹ e 34,0% na safra 2022/2023 com perda econômica estimada em R\$ 1.578 ha⁻¹ (Tabela 2).



(b)
2021/2022



(c)
2022/2023

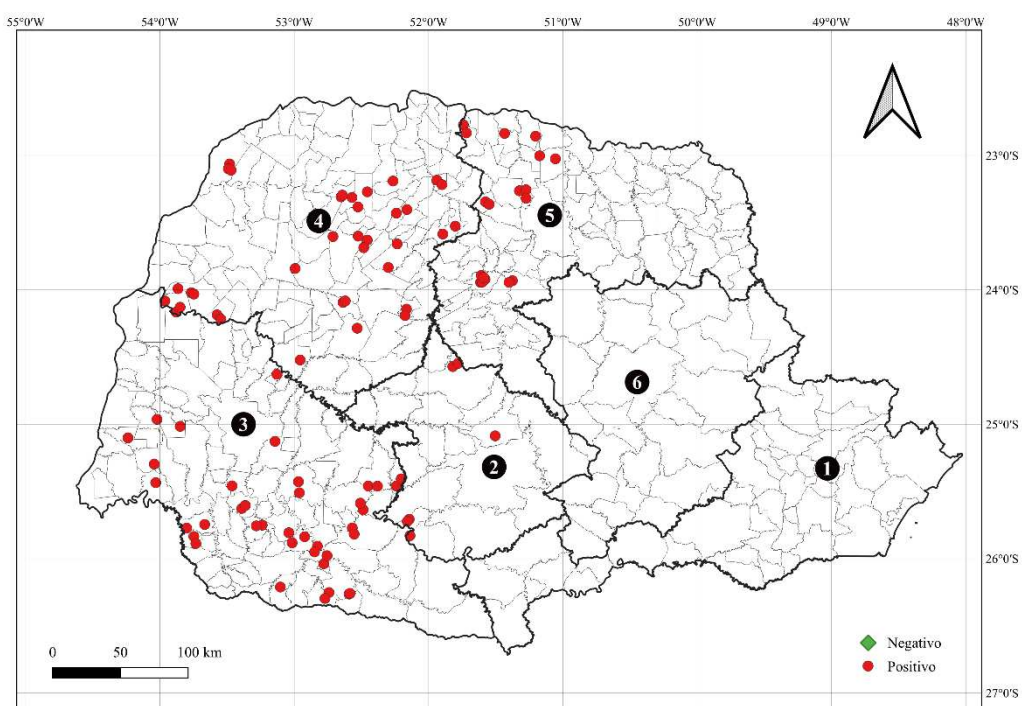


Figura 9. Distribuição Geográfica das amostras de milho coletadas e diagnóstico para doenças do complexo de enfezamento do milho, na segunda safra de (a) 2020/2021, (b) 2021/2022 e (c) 2022/2023 no estado do Paraná. **Nota:** Regiões geográficas intermediárias disponibilizado pelo IBGE: 1. Curitiba; 2. Guarapuava; 3. Cascavel; 4. Maringá; 5. Londrina; 6. Ponta Grossa.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

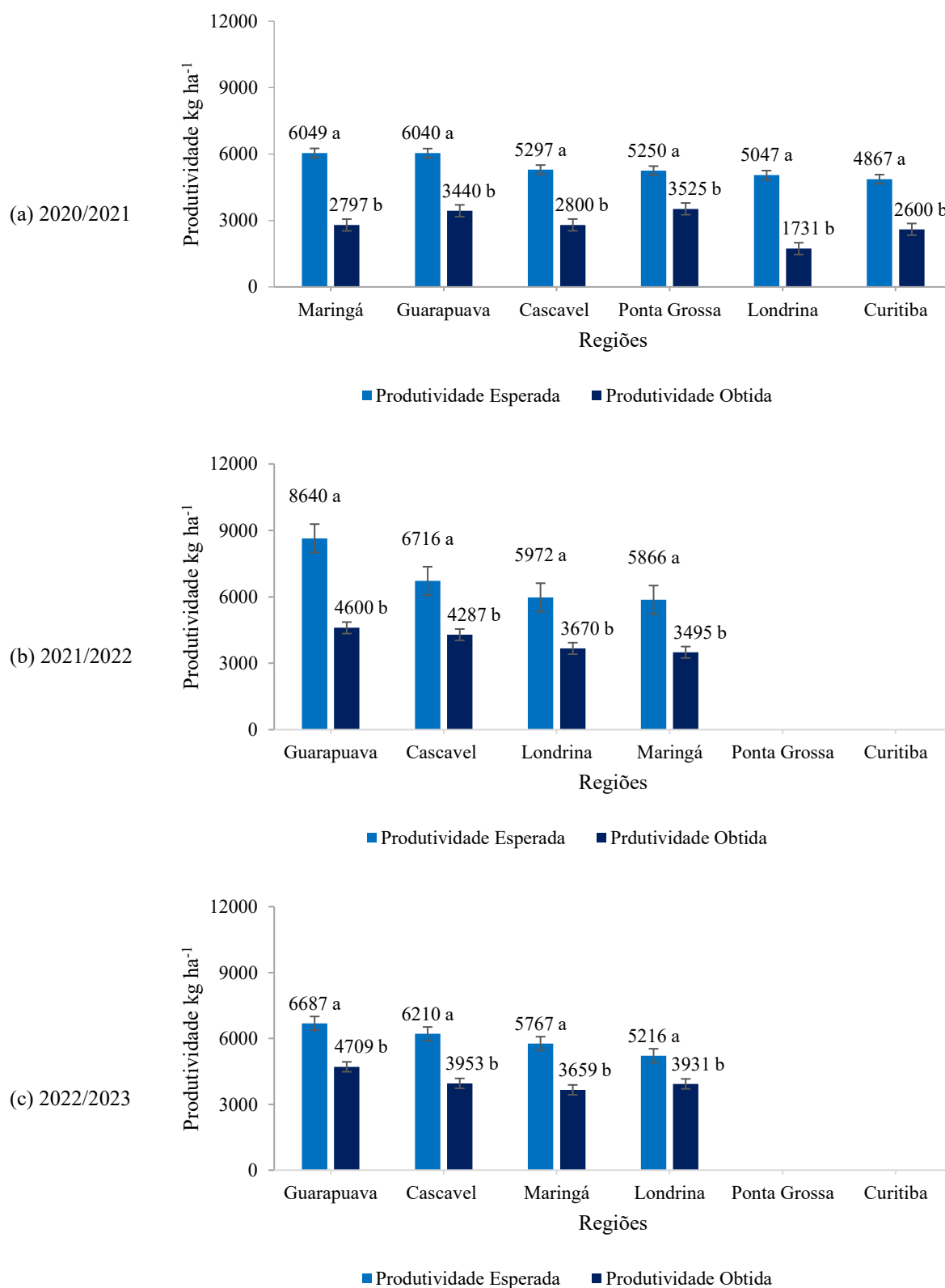


Figura 10. Produtividade do milho por região geográfica intermediária na segunda safra de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 no Paraná.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor com base na divisão do IBGE (2017).

Notas: Médias de cada região seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste t ao nível de 0,05% de probabilidade.

4.3 ESTIMATIVAS DE PERDAS ECONÔMICAS

Na segunda safra de 2020/2021, a estimativa da perda econômica associada à perda de produtividade do milho em decorrência do CEM foi de R\$ 5.063 ha⁻¹. Quando se considera a área total de milho cultivado nesta safra no Paraná, o CEM pode ter resultado em perda econômica de aproximadamente R\$ 4,7 bilhões.

Na primeira safra de 2021/2022 a estimativa de perda econômica gerada pelo CEM foi de R\$ 4.507 ha⁻¹, isso pode ter resultado em um prejuízo, em relação a área total de milho no Paraná nesta safra, de R\$ 2,7 bilhões. Já na segunda safra deste ano agrícola, a perda econômica ocasionada pelo CEM foi de R\$ 3.333 ha⁻¹, e o prejuízo para o estado do Paraná foi estimado em aproximadamente R\$9,6 bilhões. Na segunda safra de 2022/2023, a estimativa da perda econômica gerada pelo CEM foi de R\$ 1.570 ha⁻¹ e para o Paraná de R\$ 7,7 bilhões.

A partir das estimativas do impacto econômico verifica-se que o CEM, pode ter comprometido entre 29,9% a 45,8% do VBP gerado com a produção de milho no Paraná, entre a segunda safra de 2020/2021 e a segunda safra de 2022/2023(Figura 12).

Tabela 2 – Estimativa de perdas econômicas da produtividade do milho por hectare e no Paraná na primeira e segunda safra.

Safras	Ano Agrícola	Perda econômica R\$ ha ⁻¹	% Perda	Perda econômica total gerada pelo CEM no	VBP R\$ Bilhões
				Paraná R\$ Bilhões*	
Segunda	2020/2021	5.063	45,8	4,7	8,7
Primeira	2021/2022	4.507	31,2	2,7	4,0
Segunda	2021/2022	3.333	40,4	9,6	16,1
Segunda	2022/2023	1.570	29,9	7,7	11,0

Fonte: Elaborada pelo próprio autor. Dados do Valor Bruto de Produção (VBP) disponível pela SEAB (2024).

*Corresponde à diferença do percentual entre a produtividade esperada e a produtividade obtida ocasionado pelo complexo de enfezamento do milho declarada pelos produtores rurais.

5 DISCUSSÃO

A partir dos resultados verificou-se a ampla disseminação dos patógenos que causam as doenças que compõem o CEM no Paraná (Figura 6). Os resultados obtidos nesse estudo corroboram com os de pesquisas anteriores que indicam uma incidência crescente da doença nas principais regiões produtoras de milho no estado (OLIVEIRA et al., 2003b; COTA et al., 2021). A maior concentração da doença está nas regiões geográficas intermediárias de Cascavel e de Maringá, relacionada à dinâmica produtiva nessas localidades, caracterizada pela presença contínua da cultura do milho ao longo do ano, o que segundo SABATO et al. (2017) favorece a sobrevivência do *D. maidis* e a disseminação dos patógenos do CEM.

De acordo com COTA et al. (2021) a manutenção do hospedeiro no campo ao longo das safras, somada à sucessão de cultivos, cria um ambiente propício para a multiplicação do vetor e a disseminação dos patógenos, sendo que fatores climáticos podem intensificar ainda mais essa dinâmica. Vale destacar que as regiões geográficas intermediárias de Cascavel e Maringá foram responsáveis por 62,4% da produção paranaense de milho na safra de 2022/2023 (SEAB, 2024). A concentração da produção de milho nessas regiões, e do Paraná de forma geral, associada à maior incidência das doenças do CEM, reforça a vulnerabilidade dessas áreas às doenças. De acordo com SANTOS et al. (2025) e SANTANA et al. (2019), modelos preditivos até 2070 indicam alta adequação climática para as doenças do CEM no Paraná, enquanto o vetor se mantém adaptado às condições da região, mantendo o risco fitossanitário.

A primeira safra no Paraná oferece condições climáticas ideais para o cultivo de milho, com temperaturas favoráveis e chuvas regulares ao longo do ciclo de desenvolvimento (Figura 8), o que de acordo com BARROS e CALADO (2014) favorece o crescimento das plantas e o alto potencial produtivo. No entanto, apesar das condições favoráveis, a incidência das doenças que compõem o CEM continua sendo uma grande ameaça à produtividade das lavouras de milho. Em regiões geográficas intermediárias como Cascavel, que tem produção de milho tanto na primeira quanto na segunda safra há condições ideais para a perpetuação do CEM, já que o milho está presente no campo o ano inteiro, facilitando a ponte verde e a disseminação da doença (COSTA et al., 2019).

A alta produtividade do milho na primeira safra evidencia, especialmente em regiões geográficas intermediárias como Ponta Grossa e Guarapuava, maiores rendimentos em relação a segunda safra (Figura 7). No entanto, mesmo com condições climáticas favoráveis, a produtividade variou entre as regiões. As regiões geográficas intermediárias de Maringá e de

Curitiba apresentaram as menores médias. Essa discrepância pode estar associada a fatores como a incidência das doenças do CEM e diferenças nas práticas de manejo adotadas pelos produtores. Embora a primeira safra ofereça um ambiente propício para altos rendimentos, a presença da doença continua sendo um fator limitante à produção, reforçando a necessidade de estratégias eficazes de controle (COTA et al., 2021).

A relação entre a ocorrência das doenças do CEM e as perdas de produtividade ficou evidente na safra de 2021/2022 no estado do Paraná, quando regiões com maior incidência da doença apresentaram reduções (32,1%) na produtividade (Figura 9). Como observado por TOFFANELLI e BEDENDO (2002), a infecção está associada ao desenvolvimento de sintomas nas plantas e à redução na produção de grãos. Mesmo que o milho produzido na primeira safra tenha um maior potencial produtivo, a pressão populacional do vetor amplifica os danos, como ressaltado por CUNHA et al. (2019), comprometendo ainda mais a produtividade.

As perdas econômicas associadas à ocorrência das doenças do CEM, que foram em média R\$ 4.507 ha⁻¹ para o estado do Paraná, indicam que os danos causados pela doença podem anular os benefícios econômicos da primeira safra, que apresenta custos de produção mais baixos quando comparada à segunda safra (VOLSI et al., 2021). De acordo com OLIVEIRA et al. (2026), a incidência do CEM foi responsável por uma perda média de 22,7% na produção nacional entre as safras 2020/2021 e 2023/2024, resultando em prejuízos econômicos médios de US\$ 6,5 bilhões por safra no Brasil. Esses dados demonstram que as perdas observadas no Paraná neste estudo estão inseridas em um cenário produtivo já caracterizado em escala nacional.

As perdas econômicas associadas às doenças do CEM estão diretamente relacionadas à redução da produtividade e ao preço do milho, uma vez que o valor econômico é mensurado a partir desses dois fatores. Segundo SANCHES et al. (2024), reduções negativas na oferta, como quebras de safra decorrentes de fatores climáticos adversos ou problemas fitossanitários, reduzem a disponibilidade do produto e elevam seu preço. No entanto, mesmo com uma cotação aparentemente favorável, a queda na produção pode anular os benefícios de um preço elevado, resultando em perdas econômicas para os produtores.

Além disso, o preço do milho também influencia diretamente o impacto econômico das perdas. De acordo com FAVRO, CALDARELLI E CÂMARA (2015), o valor do grão afeta as decisões de produção e comercialização, influenciando tanto a oferta quanto a demanda. Durante a primeira safra de 2021/2022, o preço do milho foi de R\$ 130,00 por saca, o que, em tese, deveria representar uma condição favorável para os produtores. No entanto, as

perdas econômicas causadas pela ocorrência das doenças do CEM superaram os possíveis ganhos com a alta dos preços, evidenciando que os custos invisíveis das doenças podem comprometer a rentabilidade, mesmo em períodos de menor custo de produção (VOLSI et al., 2021).

A segunda safra de milho representa aproximadamente 80% da produção total de milho no Paraná (2022/2023) (SEAB, 2024), sendo amplamente preferida pelos produtores, uma vez que a soja, cultivada na primeira safra, apresenta maior rentabilidade (VOLSI et al., 2021). Esse modelo de produção, ao ampliar a área cultivada de milho na segunda safra, contribui para o aumento da oferta do grão no estado. No entanto, essa expansão também favorece a maior incidência das doenças do CEM, especialmente nas regiões geográficas intermediárias de Cascavel, de Maringá e de Londrina (Figura 10).

Nas segundas safras estudadas, observou-se um aumento considerável na incidência das doenças do CEM, com a safra de 2022/2023 (Figura 10c) atingindo 100% de amostras positivas. Esse resultado é corroborado pelo estudo de GALVÃO, SABATO E BEDENDO (2020), que relataram uma alta incidência de mollicutes na segunda safra, com 89% das amostras positivas, reforçando a tendência de maior presença dos patógenos em períodos de maior produção.

A pressão dos patógenos do CEM é particularmente intensa nessas safras devido à presença contínua de milho no campo, o que favorece a disseminação dos patógenos, combinada com condições climáticas menos favoráveis durante o ciclo de cultivo (COTA et al., 2021). O agravamento da doença pode ser explicado, em parte, pelas condições climáticas registradas nas safras de 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023, conforme o Boletim Agrometeorológico do IDR-Paraná (2024) e Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar, 2024), observaram seca e temperaturas acima da média no início do cultivo. Essas condições favorecem a multiplicação dos vetores e a rápida disseminação dos patógenos, comprometendo a resistência das plantas ao estresse biótico (OLIVEIRA et al., 2002; GALVÃO; SABATO; BEDENDO, 2020). Segundo DEUTSCH et al. (2018), o aumento da temperatura influencia diretamente a propagação de doenças em plantas, favorecendo tanto a reprodução e dispersão de vetores quanto a severidade das infecções. Esse efeito pode ter contribuído para a alta incidência da doença observada nessas safras, reforçando a relação entre condições climáticas adversas e o impacto da ocorrência das doenças do CEM nas lavouras do Paraná.

OLIVEIRA E FRIZZAS (2021) observaram esse cenário desde 2015, quando as doenças associadas ao CEM passaram a ser consideradas a principal ameaça fitossanitária

para a produção de milho no Brasil. Segundo os autores, as perdas tornaram-se sistemáticas em diversas regiões do país, incluindo o Paraná, e estão relacionadas à intensificação da cultura do milho, à ampla janela de semeadura e à presença contínua da cultura no campo ao longo do ano. Esse sistema produtivo cria uma "ponte verde" que favorece a sobrevivência da *D. maidis* e a disseminação dos patógenos, aumentando a pressão das doenças sobre as lavouras subsequentes.

O impacto econômico da ocorrência das doenças do CEM sobre a cultura do milho segunda safra que apresentou perdas média de R\$ 4.843, R\$ 3.843 e R\$ 1.482 nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023, respectivamente, evidenciam a necessidade de estratégias integradas de manejo para mitigar as perdas observados nas lavouras.

O estudo de OLIVEIRA et al. (2003b) representa um marco na quantificação dos impactos da ocorrência do CEM na cultura do milho segunda safra no Paraná, sendo um dos primeiros a estimar perdas econômicas expressivas associadas à doença. A pesquisa analisou 24 lavouras distribuídas em 18 municípios do estado, identificando uma incidência média de 20,7% de enfezamentos, com valores que chegaram a 49,9% em algumas áreas. Com base nesses dados e na produtividade média da safra 2000, os autores estimaram perdas econômicas de aproximadamente US\$ 16,5 milhões para o estado do Paraná, evidenciando a relevância do problema para a economia agrícola.

Além disso, OLIVEIRA et al. (2026) ampliaram essa quantificação em escala nacional ao estimar que, entre as safras 2020/2021 e 2023/2024, o complexo de enfezamentos foi responsável por uma perda média de 22,7% na produção brasileira de milho, variando de 16,71% a 28,91% entre as safras avaliadas. Em termos absolutos, isso correspondeu a uma média anual de 520,8 milhões de sacas de 60 kg que deixaram de ser produzidas, resultando em perdas econômicas médias de US\$ 6,46 bilhões por safra, totalizando US\$ 25,8 bilhões no período de quatro anos. Esses valores demonstram que o impacto econômico do CEM, anteriormente observado no Paraná no início dos anos 2000, mantém-se expressivo e ampliado no cenário produtivo brasileiro atual.

Os resultados desses estudos estão de acordo com observado nesse trabalho, que também confirmam a expressiva influência dos enfezamentos na redução da produtividade, chegando a 45,8%, 40,4% e 29,9% nas segundas safras analisadas, bem como no impacto econômico da cultura do milho no Paraná.

A variação nos preços do milho entre as safras analisadas (SEAB, 2024) além dos efeitos diretos sobre os produtores, as oscilações na produtividade do milho influenciam a dinâmica do mercado, afetando a oferta do grão e sua precificação, o que impacta toda a cadeia

produtiva (OERKE, 2006; DEUTSCH et al., 2018). Esse cenário pode ter acentuado o impacto econômico da ocorrência das doenças do CEM, especialmente em anos de maior incidência da doença.

Na segunda safra, a incidência e os impactos variaram ao longo dos anos analisados para o estado do Paraná. Em 2020/2021, registraram-se as maiores perdas de produtividade, associadas a uma incidência de doenças de 66,4% e a condições climáticas adversas, incluindo estiagem prolongada e geadas intensas (CONAB, 2024; SIMEPAR, 2024). Esse cenário resultou em perdas econômicas de R\$ 11,6 bilhões, intensificadas pela alta nos preços do milho, impulsionada tanto pela quebra da produção nacional quanto pela forte demanda internacional (USDA, 2024).

Já em 2022/2023, embora a incidência de doenças do CEM tenha atingido 100% das lavouras analisadas, as perdas econômicas foram menores, totalizando R\$ 3,7 bilhões. Esse resultado pode ser atribuído ao aumento da produtividade média, à redução da severidade de eventos climáticos extremos em comparação a 2020/2021 e à queda nos preços do milho, que limitou o impacto econômico (FAO, 2023; SANCHES et al., 2024).

Já para a primeira safra, o impacto foi semelhante ao da segunda, com incidência do CEM em 45,9% e perdas econômicas de R\$ 1,9 bilhão. A menor produtividade, aliada às adversidades climáticas e à valorização do milho no mercado internacional durante a safra 2021/2022, contribuiu para perdas observadas. O aumento dos preços do milho nesse período esteve relacionado à quebra de safra no Brasil, à alta demanda global e à desorganização do comércio de grãos devido a fatores como a guerra entre Rússia e Ucrânia, o que elevou os custos de produção e exportação (CONAB, 2024; USDA, 2024).

Apesar da aparente redução das perdas econômicas, é fundamental destacar que a presença tanto dos patógenos quanto dos vetores das doenças do CEM no campo continua sendo um fator de risco. Embora os valores absolutos das perdas tenham diminuído, os prejuízos causados pela doença ainda são expressivos e exigem estratégias contínuas de mitigação para evitar impactos econômicos severos em safras futuras.

Os resultados deste estudo indicam que a disseminação do CEM no Paraná acompanha a expansão da cultura do milho no estado, ampliando os desafios fitossanitários e produtivos. A alta incidência da doença, aliada às perdas econômicas observadas, demonstra que as doenças do CEM representam um fator de risco para a produtividade e para a rentabilidade dos agricultores, mesmo considerando a influência de outros fatores, como condições climáticas adversas, oscilações nos preços do milho, exportações e dinâmica de

oferta e demanda. O cenário atual evidencia a necessidade de estratégias de manejo que reduzam a pressão do vetor e minimizem os impactos da infecção (OLIVEIRA, 2002).

Diante desse contexto, a adoção de um manejo integrado é fundamental para mitigar os impactos do CEM sobre a produtividade e a economia agrícola. Estratégias como o uso de híbridos tolerantes, a eliminação do milho tiguerado, a rotação de culturas e o monitoramento da população da *D. maidis* devem ser aplicadas de forma coordenada e preventiva (SABATO et al., 2018; COTA et al., 2021). A continuidade desse cenário reforça a importância das recomendações técnicas consolidadas, como as diretrizes de manejo proposta pelo MAPA, que orienta práticas sustentáveis e integradas. Tais medidas são essenciais não apenas para preservar a estabilidade produtiva ao longo das safras, mas também para embasar a tomada de decisão técnica e política, considerando os impactos econômicos associados ao complexo (ÁVILA et al., 2021; MAPA, 2023).

6 CONCLUSÕES

As doenças que compõem o Complexo de Enfezamento do Milho (CEM) estão amplamente disseminadas no Paraná;

Entre as amostras positivas as perdas de produtividades e perdas econômicas ocorreram na primeira e na segunda safra;

As perdas de produtividade e perdas econômicas diminuíram ao longo dos anos analisados;

Esse trabalho reforça a importância do manejo adequado das doenças que compõem o CEM para evitar perdas econômicas.

7 REFERÊNCIAS

AMARO, H. T. R.; FERNANDES, H. M. F.; ALMEIDA, P. M. A.; PORTO, E. M. V.; DAVID, A. M. S. S. Tratamento de sementes com bioestimulante e disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial do milho. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, v. 33, 2023.

ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, C. M. de; MOREIRA, S. C. da S.; BIANCO, R.; TAMAI, M. A. A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto**, n. 182, p. 18-25, 2021.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A cultura do milho. Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, Évora, 2014.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, v.22, n.1, p.141-164, 2012.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - caracterização e desafios tecnológicos. *Série Desafios do Agronegócio Brasileiro, Nota Técnica* 2, 2019.

COSTA, R.V. SILVA, D.D.; COTA, L.V.; CAMPOS, L.J.M.; ALMEIDA, R.E.M.; BERNARDES, F.P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00872, 2019.

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; AGUIAR, F. M.; COSTA, R. V. Resistência de genótipos de milho aos enfezamentos. *Circular Técnica*, n.247, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2017.

COTA, L. V.; OLIVEIRA, I. R. P.; SILVA, D. D.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V.; SOUZA, I. R. P.; SILVA, A. F. Manejo da cigarrinha e enfezamentos na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Cartilha Técnica, 2021.

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

CUNHA, T. G. da; VELOSO, R. V. dos S.; ARAÚJO, M. M. M. de; TAVARES, L. G.; RIBEIRO, L. F. B.; TORMEN, G. P.; CAMPOS, D. S.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, R. R.;

LOPES, E. A.; SOARES, M. A.; SILVA, R. S. da. Distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae) and incidence of maize rayado fino virus and *Candidatus Phytoplasma asteris* in corn succession planting systems. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 79, p. 2325-2337, mar. 2023.

DAVIS, R. E.; WHITCOMB, R. F.; CHEN, T. A.; GRANADOS, R. R. Current status of the aetiology of corn stunt disease. In: ELLIOT, K.; BIRCH, J. (Ed.). **Ciba Foundation Symposium 6: pathogenic mycoplasmas**. Chichester: John Wiley & Sons, 1972. p. 205-225.

DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; TIGCHELAAR, M.; BATTISTI, D. S.; MERRILL, S. C.; HUEY, R. B.; NAYLOR, R. L. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. **Science**, v.361, n.6405, p.916-919, 2018.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FAVRO, J.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. da. Modelo de análise da oferta de exportação de milho brasileira: 2001 a 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 455-476, 2015.

FONTENELE, R. S.; ALVES-FREITAS, D. M. T.; SILVA, P. I. T.; FORESTI, J.; SILVA, P. R.; GODINHO, M. T.; VARSANI, A.; RIBEIRO, S. G. Discovery of the first maize-infecting mastrevirus in the Americas using a vector-enabled metagenomics approach. **Archives of Virology**, v.163, p.263–267, 2018.

GALVÃO, S. R.; SABATO, E. O.; BEDENDO, I. P. Occurrence and distribution of single or mixed infection of phytoplasma and spiroplasma causing corn stunting in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, p. 152-155, 2021.

GAMARRA, D. G.; VILLAR, C. M.; SUAREZ, G. T.; ESTEBAN, W. D. I.; CONTALDO, N.; LOZANO, E. C. C.; BERTACCINI, A. Diverse phytoplasmas associated with maize bushy stunt disease in Peru. **European Journal of Plant Pathology**, v.163, p.223–235, 2022.

HAMMOND, R. W.; KOGEL, R.; RAMIREZ, P. Variability of geographically distinct isolates of maize rayado fino virus in Latin America. **Journal of General Virology**, v. 78, n. 12, p. 3153-3159, 1997.

JONES, T.-K. L.; MEDINA, R. F. Corn stunt disease: an ideal insect–microbial–plant pathosystem for comprehensive studies of vector-borne plant diseases of corn. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 747, 2020. DOI: 10.3390/plants9060747.

KLAR, S.R Transpiração. In: KLAR, S.R. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Nobel, 1984. p. 347-385.

LANDAU, E.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, L. J. M. Fisiologia e produção do milho. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2021.

LEE, I. M.; HAMMOND, R. W.; DAVIS, R. E.; GUNDERSEN, D. E. Universal amplification and analysis of pathogen 16S rDNA for classification and identification of mycoplasma-like organisms. **Phytopathology**, v. 83, n. 8, p. 834-842, 1993.

LEE, I. M.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E.; DAVIS, R. E.; BARTOSZYK, I. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 48, p. 1153-1169, 1998.

LEGRAND, A. I.; POWER, A. G. Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, v.125, p.115-122, 1994.

LIU, J.; FERNIE, A. R.; YAN, J. The past, present, and future of maize improvement: domestication, genomics, and functional genomic routes toward crop enhancement. **Plant Communications**, v. 1, e100010, 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Enfezamentos do milho. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/enfezamentos-do-milho>. Acesso em: 4 jun. 2025.

MELO, C. O. de. Modificação no padrão de comportamento dos preços do milho no Paraná em 2001-2019. **Revista de Política Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 7, 2021.

MIRANDA, R. A. de; LÍCIO, A. M. A.; PURCINO, A. A. C.; PAULINELLI, A.; PARENTONI, S. N.; DUARTE, J. de O.; GONTIJO NETO, M. M.; LANDAU, E. C.; QUEIROZ, V. A. V.; OLIVEIRA, I. R. de. Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 102 p.(Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 168).

MURRAY, M. G., THOMPSON, W. (1980). Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. **Nucleic acids research**, 8(19), 4321-4326.

NAULT, L. R. *Dalbulus maidis*: Identification, biology, ecology and pest status. In: CASELA, C.; RENFRO, R.; KRATTIGER, A. F. (Eds.). Diagnosing maize diseases in Latin America. ISAAA Briefs No. 9. NY: ISAAA, 1998. p. 18-21.

NAULT, L. R. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. *Phytopathology*, v. 70, n. 7, p. 659-662, 1980.

OERKE, E. C. Perdas de colheitas devido a pragas. **The Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.

OLIVEIRA, C. M. Variação genética entre populações de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) e mecanismos de sobrevivência na entressafra do milho. 2000. 167 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

OLIVEIRA, E.; MAGALHÃES, P. C.; GOMIDE, R. L.; VASCONCELOS, C. A.; SOUZA, I. R.; OLIVEIRA, C. M.; SCHAFFERT, R. E. Growth and nutrition of mollicute-infected maize. **Plant Disease**, v. 86, n. 9, p. 945-949, 2002.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, A. C. Incidência de enfezamentos e da risca (*Maize rayado fino virus-mrfv*) em milho em diferentes épocas de plantio e relação entre a expressão de sintomas foliares de enfezamento e produção. **Summa Phytopathologica**, v. 29, n. 3, p. 221-224, 2003a.

OLIVEIRA, E.; RESENDE, R. O.; PECCI, M. P. G.; LAGUNA, I. G.; HERRERA, P.; CRUZ, I. Incidência de viroses e enfezamentos e estimativa de perdas causadas por mollicutes em milho no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.19-25, 2003b.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; NAULT, L. R. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 147, n. 2, p. 141–153, 2013.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What we know and what we need to know. **Neotropical Entomology**, v.51, p.1-17, 2021.

OLIVEIRA, C. M.; PEREIRA, T. S.; MOURO, L. P.; CANALE, M. C. A disease complex: crop losses and economic impact of corn stunt diseases on Brazilian corn production. *Crop Protection*, v. 202, 107549, 2026.

SABATO, E. O.; OLIVEIRA, C. M. Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus. *Embrapa Milho e Sorgo*, p.1-200, 2017.

SABATO, E. de O.; OLIVEIRA, C. M.; COELHO, A. M.; LANDAU, E. C. O papel do milho tiguera na perpetuação e concentração da cigarrinha *Dalbulus maidis*, do inóculo de mollicutes e de vírus da risca. Circular técnica. 2018.

SANCHES, A.; ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. C. Oferta e demanda mensal de milho no Brasil: impactos da segunda safra. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 4, pág. 73-96, 2018.

SANCHES, A. L. R., ALVES, L. R. A., BARROS, G. S. C., & OSAKI, M. (2024). Os impactos dos preços do milho ao longo das cadeias consumidoras. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(3), e274483. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274483>.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 921-928, 2003.

SIMIONATO, P. D. Volatilidades dos preços do milho em cenário de tendência de alta: Uma análise para o Brasil. Universidade Estadual de Campinas, 2021.

Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR. 2024.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola**, n.13, p.8-11, 2015.

TOFFANELLI, C. M.; BEDENDO, I. P. Efeito da população infetiva de *Dalbulus maidis* na produção de grãos e no desenvolvimento de sintomas do enfezamento vermelho do milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, p. 82-86, 2002.

TRIPLEHORN, B. W.; NAULT, L. R. Phylogenetic classification of the genus *Dalbulus* (Homoptera: Cicadellidae), and notes on the phylogeny of the Macrostelini. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 78, p. 291-315, 1985.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Production, Supply and Distribution Online (PSD). Washington, D.C.: USDA, 2024. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/>.

VILANOVA, E. de S. Efeito do estágio de desenvolvimento da planta e densidade populacional do inseto vetor, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), sobre a

transmissão e danos do fitoplasma do milho. 2021. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

VOLSI, B.; HIGASHI, G. E.; BORDIN, I.; TELLES, T. S. The diversification of species in crop rotation increases the profitability of grain production systems. **Scientific Reports**, v.12, p.19849, 2021.

VOLSI, B.; CASTRO, G. H. L.; COSTA, G. V.; SEVERINO, M. F. P.; TELLES, T. S. Spatial distribution, evolution and structure of maize and soybean production systems in state of Paraná. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 19, e1122, 2020.

WAQUIL, J. M. et al. Biological aspects of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 28, n. 3, p. 413–420, set. 1999.

WAQUIL, J. M. Cigarrinha-do-milho: vetor de mollicutes e vírus. Circular Técnica, Sete Lagoas, MG, junho 2004. ISSN 1518-4269.

XU, Y.; MACIEL, J. L.; WHITHAM, S. A.; REDINBAUGH, M. G. Transcriptome of the maize leafhopper *Dalbulus maidis* and its transcriptional response to *Maize rayado fino virus* (MRFV), which it transmits in a persistent, propagative manner. **Microbiology Spectrum**, v. 9, n. 3, p. e00612-21, 2021

ZURITA, Y. A.; DOS ANJOS, N.; WAQUIL, J. M. Aspectos biológicos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em híbridos de milho (*Zea mays* L.). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v.29, n.2, p.347-352, 2000.

8 ANEXO

8.1 ANEXO 1

Projeto: “Ocorrência e etiologia do complexo de enfezamento em plantas de milho no estado do Paraná” (Eixo 1- Monitoramento).

Protocolo de coleta de amostras de milho em lavouras comerciais - Complexo de Enfezamentos do Milho

Objetivos

Este protocolo tem como objetivo padronizar a coleta de amostras de milho em lavouras comerciais para acompanhamento da ocorrência e etiologia do Complexo de Enfezamento do milho no estado do Paraná no período de 2023 a 2025.

Definição das lavouras a serem acompanhadas:

A definição dos locais de amostragem deve levar em consideração as seguintes orientações:

1. Coletar em lavouras comerciais, distribuídas em todas as regiões produtoras de milho do estado do Paraná, na primeira safra (70 lavouras) e na segunda safra (150 lavouras) no período de 2023 a 2025.
2. Para cada unidade regional do IDR-Paraná, serão amostradas aproximadamente 08 lavouras comerciais, preferencialmente distribuídas em 3 ou 4 diferentes municípios. A Distribuição espacial é importante!
3. Dar preferência para municípios com maior área de produção de milho e locais com histórico da ocorrência do complexo de enfezamento em safras anteriores, distribuídos espacialmente dentro da região;
4. Dentro de cada município, buscar lavouras distantes entre si (distribuição espacial dentro do município);
5. Identificar lavouras comerciais nas quais vem ocorrendo a presença de cigarrinhas e sintomas de enfezamento (plantas sintomáticas), com o consentimento do agricultor quanto a coleta do material;
6. Priorizar as lavouras comerciais destinadas a colheita de grãos e não de silagem, visando o acompanhamento da produtividade da lavoura;

7. Caso ocorra dificuldade em encontrar lavouras comerciais, podem ser coletadas amostras de milho silagem;
8. A definição das lavouras pode ocorrer conjuntamente com parceiros locais (cooperativas, sindicatos, empresas de ASTEC e etc.);
9. COLOCAR A FICHA DE COLETA E O TERMO DE CONSENTIMENTO EXTERNAMENTE PARA EVITAR DEGRADAÇÃO DOS DOCUMENTOS.

Época de amostragem:

Após a definição dos locais, a coleta do material vegetal (folhas/colmo) pode ocorrer a partir do pendoamento até a fase de maturação fisiológica, observando a necessidade da presença de folhas vivas quando da coleta.

Quando da coleta de material vegetal, deve-se preencher termo de coleta (anexo)

Além da coleta de material vegetal, deve-se obter junto ao agricultor a produtividade da lavoura, ao final do seu ciclo, visando determinar as possíveis perdas.

Organizar a coleta do material de forma sincronizada entre as regiões e mesorregiões, visando o envio conjunto e em curto espaço de tempo para o laboratório.

Coleta de Material Vegetal (folhas)

Quando da vistoria para coleta do material, deve-se seguir as orientações:

1. Identificar plantas sintomáticas na lavoura;
2. Coletar em 03 plantas diferentes em cada lavoura. De cada planta coletar 04 FOLHAS do terço superior da planta e também cerca de 10 cm DO COLMO PRÓXIMO À ESPIGA;
3. Retirar manualmente as folhas inteiras, incluindo a nervura central e a bainha. Não cortar as folhas, pois pode acarretar contaminações;
4. É importante que o tecido foliar coletado não esteja seco;

5. Acondicionar as folhas de cada planta e o colmo em um saco de papel, entrefolhadas com papel toalha, com as amostras de uma planta em cada saco de papel e os sacos das três plantas dentro de um saco plástico¹, vedando-o com fita adesiva e identificando-o;
6. Acondicionar os sacos com as amostras em caixa térmica com gelo, durante a coleta e seu transporte;
7. Armazenar o material em geladeira até o envio ao laboratório;
8. Etiquetar as amostras com uma cópia do termo de coleta;
9. Enviar o material ao laboratório de Bacteriologia do IDR-Paraná, em Londrina, preferencialmente em até 05 dias após a coleta, aos cuidados da Dra Michele Regina Lopes da Silva;
10. Avisar o dia e horário previsto da entrega no Laboratório de Bacteriologia—se precisar ser após as 17h, avisar pra que fique alguém aguardando no laboratório.

Contatos:

Laboratórios de Bacteriologia/Diagnóstico em Fitossanidade: (43) 3376-2335 Michele: (43) 3376-2186/ 99623 – 3886 (whats app)

¹Utilizar sacos plásticos com dimensões aproximadas de 50X80 cm, que possibilite a vedação com fita adesiva posteriormente.