



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ESTHER OLIVEIRA MORITZ

**GASTOS COM INSETICIDAS PARA CONTROLE DA
CIGARRINHA DO MILHO (*Dalbulus maidis*) NO ESTADO DO
PARANÁ**

Londrina
2024

ESTHER OLIVEIRA MORITZ

**GASTOS COM INSETICIDAS PARA CONTROLE DA
CIGARRINHA DO MILHO (*Dalbulus maidis*) NO ESTADO DO
PARANÁ**

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

Orientador: Prof. Dr. Tiago Santos Telles
Coorientador: Dr. Ivan Bordin

Londrina
2024

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

M862g Moritz, Esther Oliveira.
Gastos com inseticidas para controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) no Estado do Paraná / Esther Oliveira Moritz. - Londrina, 2024.
47 f. : il.

Orientador: Tiago Santos Telles.
Coorientador: Ivan Bordin.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Milho - Tese. 2. Complexo de enfezamento do milho - Tese. 3. Sustentabilidade agrícola - Tese. 4. Impacto econômico - Tese. I. Telles, Tiago Santos . II. Bordin, Ivan . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

ESTHER OLIVEIRA MORITZ

**GASTOS COM INSETICIDAS PARA CONTROLE DA
CIGARRINHA DO MILHO (*Dalbulus maidis*) NO ESTADO DO
PARANÁ**

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

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Tiago Santos Telles
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IAPAR-EMATER

Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli
Universidade Estadual de Londrina

Dr. Rodolfo Bianco
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IAPAR-EMATER

Londrina, 27 de fevereiro de 2024.

“A sabedoria é a coisa principal; adquiere, pois, a sabedoria, emprega tudo o que possuis na aquisição de entendimento.” - Provérbios 4:7.”

RESUMO

MORITZ, Esther Oliveira. **GASTOS COM INSETICIDAS PARA CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO (*Dalbulus maidis*) NO ESTADO DO PARANÁ**. Número total de folhas: 48. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

A cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) tem causado prejuízos significativos às lavouras de milho, principalmente devido à transmissão dos patógenos do complexo de enfezamento do milho. Dessa forma, este estudo teve como objetivo estimar os gastos com inseticidas destinados ao controle dessa praga. Para isso, foram utilizados dados primários da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, incluindo informações sobre produtos aplicados exclusivamente no manejo da cigarrinha, como nome comercial, data de aquisição e quantidade aplicada. As estimativas foram calculadas com base no volume de inseticidas aplicados, multiplicado pelo respectivo preço de mercado, para cada ano agrícola e município, abrangendo o período de 2015/2016 a 2020/2021. Para identificar padrões espaciais, foi realizada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), utilizando uma matriz de contiguidade do tipo rainha de primeira ordem. As técnicas aplicadas incluíram o I de Moran Global e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA), permitindo a identificação de padrões e clusters espaciais no estado do Paraná. Entre os anos agrícolas de 2015/2016 a 2018/2019 os gastos com inseticidas (GCC) na maioria dos municípios do Paraná foram de até US\$ 10,00 ha⁻¹. Contudo, nos anos agrícolas de 2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022, os GCC aumentaram, superando US\$ 120,00 ha⁻¹ em alguns municípios. Foram identificados clusters Alto-Alto nas regiões Noroeste e Centro do Paraná, com deslocamento para as regiões Sul e Sudeste no último ano analisado. Ao longo do período avaliado, o GTC aumentou 2.419%, evidenciando a intensificação do uso de inseticidas para o controle da cigarrinha. Os maiores valores de GCC ocorreram em municípios de regiões não tradicionais de cultivo, sugerindo limitações em tecnologia e assistência técnica. Apesar do aumento no número de produtos utilizados, os gastos permaneceram concentrados em poucas composições químicas, o que, a longo prazo, favorece a seleção de biótipos resistentes, dificultando o controle da praga e comprometendo a sustentabilidade econômica e ambiental da cultura.

Palavras-chave: milho, complexo de enfezamento do milho, sustentabilidade agrícola, impacto econômico

ABSTRACT

MORITZ, Esther Oliveira. **EXPENDITURE ON INSECTICIDES TO CONTROL THE CORN SPOKIE (*Dalbulus maidis*) IN THE STATE OF PARANÁ**. Total number of sheets: 48. Master's Dissertation in Agronomy – Center for Agricultural Sciences, State University of Londrina, 2024.

The corn leafhopper (*Dalbulus maidis*) has caused significant damage to corn crops, mainly due to the transmission of pathogens associated with the corn stunt complex. Thus, this study aimed to estimate expenditures on insecticides used to control this pest. To achieve this, primary data from the Paraná Agricultural Defense Agency were used, including information on products applied exclusively for leafhopper management, such as commercial name, purchase date, and quantity applied. Estimates were calculated based on the volume of insecticides applied, multiplied by their respective market prices, for each agricultural year and municipality, covering the period from 2015/2016 to 2020/2021. To identify spatial patterns, an Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) was conducted using a first-order queen contiguity matrix. The applied techniques included Global Moran's I and the Local Indicator of Spatial Association (LISA), allowing the identification of spatial patterns and clusters within the state of Paraná. Between the 2015/2016 and 2018/2019 agricultural years, insecticide expenditures (GCC) in most municipalities of Paraná were up to US\$ 10.00 per hectare. However, in the 2019/2020, 2020/2021, and 2021/2022 agricultural years, GCC increased, exceeding US\$ 120.00 per hectare in some municipalities. High-High clusters were identified in the Northwest and Central regions of Paraná, shifting towards the South and Southeast regions in the last analyzed year. Over the evaluated period, GTC increased by 2,419%, highlighting the intensification of insecticide use for leafhopper control. The highest GCC values were observed in municipalities from non-traditional growing regions, suggesting limitations in technology and technical assistance. Despite the increase in the number of products used, expenditures remained concentrated on a few chemical compositions, which, in the long term, favors the selection of resistant biotypes, making pest control more challenging and compromising the economic and environmental sustainability of the crop.

Key-words: Corn, corn stunt complex, agricultural sustainability, economic impact.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Localização geográfica do estado do Paraná e sua divisão em mesorregiões segundo o IBGE.....22
- Figura 2** – Área plantada, produção e produtividade do milho no estado do Paraná entre os anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022.....26
- Figura 3** – Distribuição da área plantada de milho em hectare nos municípios paranaenses nos anos agrícolas 2015/2016 a 2021/2022.....28
- Figura 4** – Gasto total com inseticidas para controle da cigarrinha do milho no estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022...29
- Figura 5** – Gasto por hectare com o controle da cigarrinha do milho nos municípios do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022.....35
- Figura 6** – I de Moran para gasto com o controle de cigarrinha do milho dos municípios paranaenses entre os anos agrícolas de 2015/2016 a 2020/2021.....37
- Figura 7** – Indicador Local de Associação Espacial para os gastos com o controle de cigarrinha nos municípios paranaenses entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2021/2022.....40
- Figura 8** – Preço diário de venda do milho em Mg de grãos nas praças do Paraná, no intervalo de julho de 2015 a dezembro de 202342

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações a serem preenchidas no Sistema de Monitoramento do Comércio e Uso de Agrotóxicos do Estado do Paraná (SIAGRO) da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR) 23

Tabela 2 – Gasto com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho por produtos comerciais no estado do Paraná nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022, em US\$ 31

Tabela 3 – Número de municípios paranaenses de acordo com as faixas de gastos com o controle da cigarrinha por hectare entre os anos de 2015/2016 e 2020/2021

33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DERAL	Departamento de Economia Rural
GCC	Gasto por hectare com o controle da cigarrinha
GTC	Gasto total com o controle da cigarrinha
HH	Alto-alto
HL	Alto-baixo
IA	Ingrediente ativo
IDR-PR	Instituto de Desenvolvimento Rural de Paraná
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
LL	Baixo-baixo
LH	Baixo-alto
QA	Quantidade a adquirir
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
SIAGRO	Sistema de Monitoramento do Comércio e Uso de Agrotóxicos do Estado do Paraná
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A CULTURA DO MILHO	15
2.2	CIGARRINHA DO MILHO	16
2.3	COMPLEXO DE ENFEZAMENTO	17
2.4	MANEJO DA CIGARRINHA DO MILHO	19
2.5	PERDAS ECONÔMICAS CAUSADAS PELA CIGARRINHA DO MILHO	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
4	RESULTADOS	26
4.1	ÁREA PLANTADA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO MILHO NO PARANÁ	26
4.2	GASTO COM O CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO NO PARANÁ	29
4.3	INGREDIENTES ATIVOS RECOMENDADOS NO CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO NO PARANÁ	30
4.4	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO GASTO COM INSETICIDAS PARA O CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO NO PARANÁ	32
5	DISCUSSÃO	40
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais produzido no mundo. Em 2021/2022, a produção mundial de milho ultrapassou 1,1 bilhão de toneladas, com o Brasil sendo responsável por 10% da produção mundial (FAO, 2022). Trata-se de uma commodity de grande importância econômica, uma vez que sua utilização vai desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia. Seu uso na alimentação animal se dá especialmente nas indústrias avícola, suína e na pecuária leiteira (OLIVEIRA et al., 2017), e é matéria-prima essencial na fabricação de etanol, bebidas e xaropes (SILVA et al., 2020).

No Brasil, em um ano agrícola o milho é produzido tanto na safra de verão quanto na safra de inverno. O sistema predominante de produção de grãos no Brasil é o de sucessão de culturas, com soja na safra de verão e milho na safra de inverno. Todavia, as safras consecutivas de milho criam um ambiente propício para a reprodução contínua de pragas e doenças (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022), dentre elas a cigarrinha do milho.

A cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) tem impactado negativamente na produtividade da cultura do milho (OLIVEIRA et al., 2015; VIRLA et al., 2021). Seu impacto se dá principalmente pela capacidade de transmissão de patógenos pertencentes ao complexo de enfezamento do milho (OLIVEIRA; LOPES; NAULT, 2013), tais como: (i) enfezamento vermelho, causado pelo fitoplasma *Candidatus Phytoplasma asteris*; (ii) enfezamento pálido, causado pelo espiroplasma *Spiroplasma kunkelii*; (iii) risca do milho, causada pelo vírus *Maize Rayado Fino Virus*; (iv) Mastrevírus do mosaico estriado do milho (MSMV). Dependendo da susceptibilidade das cultivares, os patógenos do complexo do enfezamento do milho podem levar a perdas de produtividade de até 70%, especialmente quando a infecção ocorre durante a fase inicial de desenvolvimento da planta (SABATO, 2017).

O manejo do complexo de enfezamento do milho ocorre principalmente por meio da prevenção da infecção pelos patógenos. Os principais manejos recomendados são o plantio de cultivares tolerantes ao complexo de enfezamento (OLESZCZUK et al, 2020), o controle do milho voluntário e de outras gramíneas hospedeiras para se evitar a multiplicação do inseto e a formação de fontes de inóculo dos patógenos na entressafra (OLIVEIRA; LOPES; NAULT, 2013),

e o controle da cigarrinha do milho com uso de inseticidas, principalmente no início do desenvolvimento das plantas, que é o período em que a planta apresenta maior susceptibilidade ao ataque do inseto (NEVES et al., 2022).

Todavia, até o momento, não foi estabelecido um protocolo efetivo para o controle da cigarrinha do milho, e a incidência do inseto tem aumentado nas áreas agrícolas de todo o Brasil (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022), levando os produtores, pelo medo de perdas de produtividade, a intensificarem o uso de inseticidas. Assim, a hipótese deste estudo é que ao longo dos anos houve um aumento dos gastos com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho no estado do Paraná, principalmente nas regiões onde há maior produção de milho. Isso porque, se por um lado as perdas de produtividade em decorrência do complexo de enfezamento do milho podem levar à redução da receita, por outro lado a intensificação do uso de inseticidas leva ao aumento de gastos para o controle do inseto vetor.

Embora essa seja uma temática de grande relevância quando se pensa na sustentabilidade da produção, visto que a cigarrinha do milho tem alto potencial de proliferação e dispersão e, por consequência, de impactos negativos na produção e em relação ao uso de inseticidas, são raros os estudos que fazem uma conexão entre a incidência e manejo desta praga nas lavouras e os impactos econômicos gerados para o seu controle. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi verificar a dinâmica dos gastos com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho no estado do Paraná.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta que pertence à família Gramineae/Poaceae e tem origem no teosinto – uma subespécie mexicana. Ele foi descoberto há mais de oito mil anos e tem sido cultivado e consumido desde os primórdios das civilizações (GOODMAN; GALINAT, 1988). O cultivo do milho possui uma relativa importância econômica para os países, uma vez que ele desempenha um papel essencial na alimentação humana e animal, além da sua utilização como matéria-prima na produção de etanol, bebidas e xaropes (SILVA, et al., 2020).

Na safra de 2021/2022, a quantidade total de milho produzida no mundo atingiu 1,1 bilhões de toneladas. Nesse cenário, o Brasil se destacou como o terceiro maior produtor, contribuindo com cerca de 109 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China (277 milhões de toneladas) e dos Estados Unidos (348 milhões de toneladas (FAO, 2022).

É notável o aumento na produtividade do milho no Brasil ao longo dos anos. Em 2006, a média de produtividade era de 3,57 toneladas por hectare, em 2017, esse número cresceu para 5,58 toneladas por hectare (IBGE, 2024). Esse aumento na produtividade do milho é resultado do aprimoramento das práticas agrícolas e do desenvolvimento de tecnologia de produção do grão, como variedades mais produtivas.

A nível nacional, o estado do Paraná desempenha um papel fundamental na produção de milho, sendo o segundo maior produtor do grão. A cadeia produtiva do milho no estado representa o terceiro maior Valor Bruto de Produção (VBP) contribuindo com 37% da riqueza gerada pelo agronegócio no Paraná (SEAB, 2023). Quanto ao período de plantio, no estado é possível a ocorrência de duas safras anuais, primeira safra que ocorre de outubro a março e segunda safra que ocorre de março a julho, sendo essa a mais predominante no Paraná, ocupando uma extensa área de aproximadamente 2,5 milhões de hectares, em contraste a primeira safra que ocupa uma área consideravelmente menor, totalizando cerca de 400 mil hectares (CONAB, 2019; CONAB, 2022). Esses números ilustram a relevância da segunda safra na produção de milho no estado, consolidando sua posição como um dos principais produtores de milho do país.

Apesar da boa produtividade, a cultura do milho tem enfrentado

desafios fitossanitários recorrentes nos últimos anos, que têm impactado seu rendimento (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022). Entre os desafios, um notável é a cigarrinha do milho, um inseto vetor de fitopatógenos pertencentes ao complexo de enfezamentos (OLIVEIRA; LOPES; NAULT, 2013), que tem causado prejuízos significativos na produção de milho. Como resultado, ela se tornou uma das principais e mais danosas pragas da cultura (SAVARY et al., 2019).

O principal fator da alta pressão de população de cigarrinhas nas lavouras é a possibilidade de duas épocas de cultivo no milho, que permite a disponibilidade hospedeiro contínuo no campo para alimentação e a reprodução do inseto, que acabam migrando de uma área para outra sem a quebra do ciclo (OLIVEIRA, et al., 2015).

2.2 CIGARRINHA DO MILHO

A espécie *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott), comumente conhecida como cigarrinha do milho, pertence à ordem Hemiptera e à família Cicadellidae. Este inseto apresenta um comprimento médio de cerca de 3,7 a 4,3 mm e exibe uma coloração amarela pálida, sujeita a variações cromáticas de acordo com a altitude de sua localização (TRIPLEHORN; NAULT, 1985). A cigarrinha do milho, igual a cultura, também tem origem no México. Evidências indicam que ao longo do tempo, o inseto evoluiu em conjunto com o milho e um dos indícios dessa coevolução é a característica de alimentação e reprodução apresentada pelo inseto, a qual se restringe quase que exclusivamente em plantas de milho (NAULT; DELONG, 1980).

Observa-se também que a cigarrinha do milho possui a capacidade de se hospedar em outras plantas pertencentes à família Poaceae. Em tais situações, os insetos adultos podem sobreviver por um período de 2 a 3 meses sem a presença da planta de milho. No entanto, nessas condições, não foram identificadas ninfas, indicando a incapacidade de reprodução em outras plantas que não sejam as plantas de milho (OLIVEIRA; FRIZZAS; OLIVEIRA, 2020).

A reprodução da cigarrinha do milho ocorre de forma rápida e em grande quantidade. Na fase adulta, a fêmea pode colocar mais de 600 ovos e ocorre de forma endofítica, na qual os ovos são depositados no interior dos tecidos vegetais (MARÍN, 1987). O período do desenvolvimento embrionário até a fase adulta pode

ocorrer em aproximadamente vinte e sete dias, sendo a expectativa de vida da cigarrinha do milho de até setenta e nove dias (WAQUIL, et al., 1999). O desenvolvimento é influenciado pela temperatura ambiente, sendo que a faixa ótima de temperatura para esse desenvolvimento ocorre entre 20 e 30 °C (VAN NIEUWENHOVE; FRÍAS; VIRLA, 2016).

A distribuição geográfica da cigarrinha do milho é restrita às regiões tropicais e subtropicais da América, devido às limitações impostas pelas temperaturas extremas. Isso contrasta-se com a distribuição geográfica mais ampla do milho (SANTANA, et al., 2019). Além das temperaturas extremas, a restrição na distribuição da cigarrinha do milho pode também derivar da ausência do hospedeiro específico, visto que, em regiões de clima temperado, o cultivo dessa cultura ocorre apenas durante o verão, o que inviabiliza a sobrevivência de populações do inseto durante o inverno.

Atualmente a cigarrinha representa um dos insetos de maior impacto para a cultura do milho nas regiões da América Latina. A partir do ano de 2015, ela emergiu como uma ameaça fitossanitária à cultura. Essa preocupação é principalmente atribuída à sua habilidade altamente eficaz de transmitir patógenos pertencentes ao complexo de enfezamento do milho (OLIVEIRA, FRIZZAS, 2022).

2.3 COMPLEXO DE ENFEZAMENTO

O Complexo de enfezamento representa uma condição patológica que afeta negativamente a cultura do milho. A infecção ocorre devido à atuação conjunta ou isolada de duas bactérias pertencentes ao gênero mollicutes e dois vírus, *Spiroplasma kunkelii* (enfezamento pálido) (NAULT, 1980) "*Candidatus Phytoplasma asteris*", subgrupo 16SrI-B ou também conhecido como "*maize bushy stunt phytoplasma*" (MBSP) (NAULT, 1980; ORLOVSKIS, et al., 2017), *maize rayado fino virus* (MRFV ou risca do milho), e recentemente, o mastrevírus do mosaico estriado do milho (MSMV) foi relatado como parte deste patossistema (FONTENELE, et al., 2018). Os quatro patógenos são transmitidos pela cigarrinha do milho, e são adquiridos via alimentação de plantas doentes e assim transmitidos quando o inseto torna a se alimentar de uma planta não infectada (NAULT, 1980).

O enfezamento pálido é causado pela infecção do patógeno *Spiroplasma kunkelii* (Whitcomb), já o enfezamento vermelho é causado pelo

“*Candidatus Phytoplasma asteris*”, subgrupo 16Srl-B ou também conhecido como “*maize bushy stunt phytoplasma*” (MBSP). Os patógenos situam-se nos vasos do floema da planta comprometendo as vias metabólicas, afetando a fotossíntese e a assimilação de nutrientes, resultando em um desequilíbrio nutricional da planta (OLIVEIRA et al., 2002). Apesar de patógenos distintos, estes causam sintomas muito semelhantes nas plantas de milho, sendo impossível de distingui-los a campo. Outra característica comum entre os patógenos é que o surgimento dos sintomas que são visíveis nas plantas somente no estágio reprodutivo (OLIVEIRA; SABATO; BARROS, 2023).

Os sintomas mais comuns do enfezamento pálido podem ser observados nas folhas das plantas infectadas, que frequentemente exibem um amarelecimento pronunciado e podem adquirir uma tonalidade avermelhada, dependendo da variedade da planta, e das condições de crescimento. Além disso, as folhas também podem se tornar mais estreitas e enroladas (SABATO, et al., 2018). No enfezamento vermelho, além do amarelecimento, as folhas mais velhas tendem a apresentar manchas avermelhadas nas margens foliares (NAULT, 1980). Outro sintoma comum de ser observado é o encurtamento dos entrenós das plantas, o que confere a característica de planta anã. Pode ocorrer também a perda da dominância apical na planta, levando ao perfilhamento do colmo e à proliferação de espigas (NAULT, 1980; ORLOVSKIS, et al., 2017).

O Enfezamento do Milho pode causar perdas significativas na produção, principalmente quando as plantas são infectadas nos estádios iniciais de desenvolvimento. Isso ocorre porque os patógenos comprometem o crescimento das plantas, reduzindo o número e a qualidade dos grãos produzidos (CANALE; NESI; CASTILHOS, 2023). O manejo eficaz do Enfezamento do Milho envolve medidas para controlar as cigarrinhas, bem como o uso de práticas agrícolas que reduzam a disseminação da doença nas lavouras (OLIVEIRA; SABATO; BARROS, 2023).

A risca do milho é causada pelo vírus "*Maize Rayado Fino Virus*" (MRFV), que coloniza os vasos do floema das plantas. Diferentemente dos sintomas causados pelos patógenos do enfezamento, os sintomas do MRFV são visíveis entre 7 e 14 dias após a infecção das plantas em qualquer estágio fenológico (ZAMBRANO, et al., 2013). Os sintomas mais comuns incluem estrias longitudinais, que são padrões de riscas finas nas folhas, podendo variar em cor e espessura. Essas estrias geralmente são mais evidentes nas folhas novas. Além disso, um

sintoma adicional que pode ser observado nas plantas infectadas é o crescimento reduzido, resultante da interferência do patógeno na fotossíntese (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2003). O MRFV pode reduzir o rendimento das lavouras de milho, uma vez que os sintomas da doença prejudicam a fotossíntese e o desenvolvimento normal das plantas. Isso pode resultar em plantas de milho menores e menos produtivas.

O vírus mosaico estriado do milho (MSMV) foi recentemente relatado em plantas de milho no Brasil, e confirmada sua transmissão pela *D. maidis*, a transmissão é contínua por durante duas semanas após a contaminação do inseto (FONTENELE, et al., 2018; VILANOVA, et al., 2022). Os primeiros sintomas aparecem entre 8 e 11 após a infecção e os principais sintomas são, manchas no terço basal das folhas jovens, que evoluem para leves estrias cloróticas e redução na altura das plantas de milho (VILANOVA, et al., 2022).

2.4 MANEJO DA CIGARRINHA DO MILHO

Uma vez que não existe um tratamento curativo eficaz para o complexo de enfezamento do milho, o manejo da doença é conduzido por meio do controle do vetor, a cigarrinha do milho (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022). Nesse contexto, diferentemente de outros insetos prejudiciais à cultura, como as lagartas, não se estabelece um nível de controle para a cigarrinha do milho, isso significa que não há um número mínimo de insetos no campo que determine a necessidade de intervenção.

O controle químico da cigarrinha-do-milho se mostra como o método mais utilizado e o mais eficaz para reduzir a incidência das doenças, protegendo principalmente os estágios iniciais de desenvolvimento da planta, que é o período primordial para a determinação da produtividade da cultura (NEVES, et al., 2022). No entanto, o sucesso do controle exige a adoção de várias estratégias de manejo, devido à alta capacidade migratória da cigarrinha-do-milho entre culturas adjacentes, assim seu controle com inseticidas pode ser prejudicado (OLIVEIRA, et al., 2013), não sendo suficiente para conter a disseminação da doença, necessitando de outras técnicas de controle, como o uso de cultivares com maior resistência aos fitopatógenos do enfezamento (OLESZCZUK, et al., 2020).

Estudos têm demonstrado que, nas mesmas condições, híbridos de

milho tem apresentado grandes variações em termos de resistência ao enfezamento, com incidência média da doença superior a 60% para os mais suscetíveis (COSTA, et al., 2019). A utilização desses híbridos mais resistentes às doenças são ferramentas de manejo auxiliares e ambientalmente corretas (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022).

Outro método de manejo da cigarrinha-do-milho, e conseqüentemente, do complexo de enfezamento do milho, é o monitoramento e o controle de plantas voluntárias, pois elas servem de abrigo para o inseto e são fonte de inóculo, interferindo no próximo cultivo (OLIVEIRA; LOPES; NAULT, 2013). O período entre a colheita e a semeadura de uma segunda cultura pode representar um obstáculo para insetos que possuem hospedeiros específicos como *D. maidis*, que utilizam plantas de ciclo relativamente curto para pousio, tornando a entressafra um obstáculo para sua sobrevivência (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022).

O tratamento de sementes também é uma estratégia muito utilizada para o controle de cigarrinhas no início da cultura, pois reduz a infestação no início do desenvolvimento da cultura e diminui os riscos de perda de produtividade. Em condições de casa de vegetação e de campo, o tratamento de sementes com neonicotinóides reduziu de 20 a 60% as perdas de produtividade com a doença, até o estágio de crescimento V4, e de 25 a 30%, até o estágio V12 (NEVES, et al., 2022).

2.5 PERDAS ECONÔMICAS CAUSADAS PELA CIGARRINHA DO MILHO

A cultura do milho possui perdas potenciais ocasionadas por pragas. Dentre os principais insetos que prejudicam a cultura do milho, destaca-se a cigarrinha do milho por ocasionar danos diretos, sucção da seiva das plantas, e indiretos, transmissão de patógenos. Os danos podem ser ainda maiores em áreas com cultivares não resistentes aos patógenos, e quando a infecção ocorre na fase inicial do desenvolvimento da cultura, podendo levar perdas de até 100% da produção do grão (SABATO, 2017; MARQUES, et al., 2019). Somente no estado do Paraná foi estimada uma perda de 16,5 milhões de dólares na produção de segunda safra de milho para o ano de 2000, ocasionada devido à alta incidência do inseto, além do difícil controle do complexo do enfezamento do milho (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2003).

Contudo, a perda de produtividade não é o único fator que impacta no lucro do produtor. Além da redução de produtividade, existe o aumento nos custos com o controle do inseto, especificamente, o aumento no número de aplicações de inseticidas, impactando na maior utilização de insumos e de operações agrícolas. Em estudo realizado no estado do Paraná, os insumos representaram, em média, mais de 50% dos custos totais que envolvem a produção de grãos, seguido das operações agrícolas, com cerca de 30% do custo total (VOLSI, et al., 2022).

Entre 2016 e 2021, aproximadamente 50 estudos com *D. maidis* foram publicados (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022). Contudo, faltam informações sobre custos com controle químicos, ou ainda, a extensão do impacto econômico desse controle para a cultura. Muito dos custos econômicos e sociais da doença das estrias do milho (MSD) permanecem desconhecidos (MARTIN; SHEPHERD, 2009).

Estudos de impacto econômico por meio de ferramentas da economia ambiental foram realizados com base no método de produção sacrificada (MARQUES, 1998; COSTA, et al., 2021). Esse método associa mudanças ambientais e de produtividade, além da alteração nos custos e benefícios da produção referente a uma determinada atividade econômica (MARQUES, 1998). Entretanto, não foram encontrados estudos específicos que estimem o custo com controle da cigarrinha-do-milho, apesar da crescente preocupação com o complexo do enfezamento, que nos últimos anos afeta diretamente a rentabilidade da cultura do milho no Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no estado do Paraná¹ (Figura 1), que possui a base de dados do Sistema de Monitoramento do Comércio e Uso de Agrotóxicos do Estado do Paraná (SIAGRO), da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR).

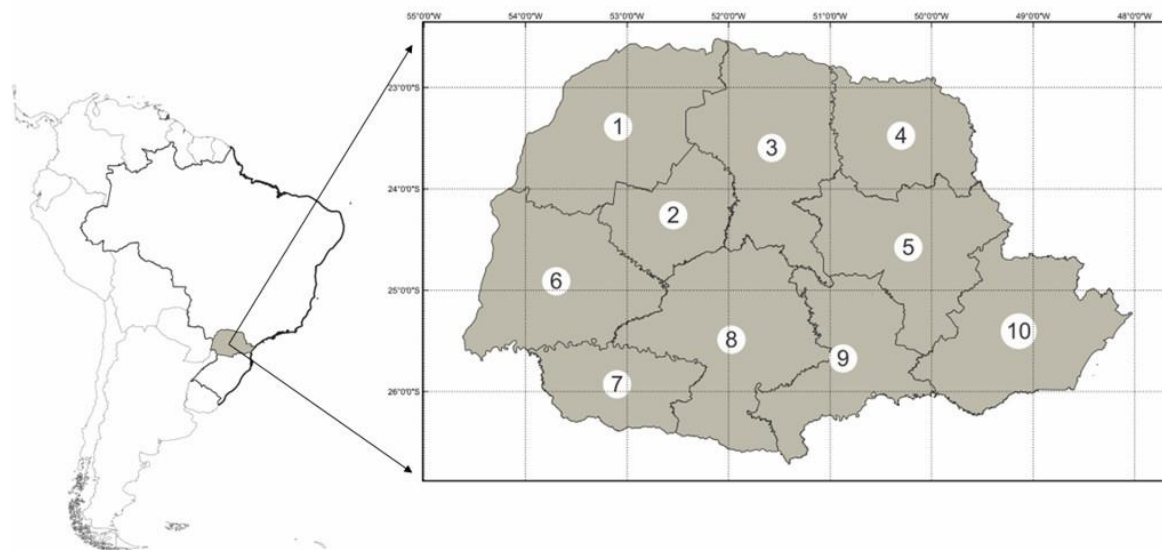


Figura 1. Localização geográfica do estado do Paraná e sua divisão em mesorregiões segundo o IBGE.

Notas: 1- Noroeste Paranaense. 2- Centro-Occidental Paranaense. 3- Norte Central Paranaense. 4- Norte Pioneiro Paranaense. 5- Centro-Oriental Paranaense, 6- Oeste Paranaense, 7- Sudoeste Paranaense. 8- Centro-Sul Paranaense. 9- Sudeste Paranaense. 10- Metropolitana de Curitiba.

O SIAGRO é uma ferramenta informatizada que possibilita, aos profissionais que emitem receituários agrônômicos e aos que comercializam os produtos agropecuários, o envio das informações sobre todos os agrotóxicos comercializados no Paraná (Tabela 1).

Tabela 1. Informações a serem preenchidas no Sistema de Monitoramento do Comércio e Uso de Agrotóxicos do Estado do Paraná (SIAGRO) da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR).

Cadastro de receituário agrônomo no Siagro	Cadastro de venda de agrotóxicos no Siagro	Dados disponibilizados pela ADAPAR para este estudo
Número do receituário agrônomo	Número da nota fiscal de venda	Data de venda
CPF do profissional	CNPJ do comércio	Município de aplicação
ART	Número do receituário	Cultura
Data de emissão	CPF do profissional	Espécie alvo
Município de aplicação	Data da venda	Marca comercial do agrotóxico
Microbacia	Cultura	Quantidade aplicada
Cultura	Espécie alvo	Dose
Espécie alvo	Marca comercial do agrotóxico	
Marca comercial do agrotóxico	Quantidade de venda (kg ou L)	
Quantidade a aplicar	Anexo do receituário agrônomo	
Dose		

Fonte: Manual de orientação para uso do Siagro da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR), 2019.

Para estimar os gastos com inseticidas para controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) foram selecionados os receituários agrônômicos emitidos nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022 em que a praga alvo foi exclusivamente a cigarrinha do milho. Os dados utilizados neste estudo incluem: data de comercialização do produto, município onde o produto foi aplicado, nome comercial do produto (utilizado apenas para o levantamento dos preços), composição química do produto e quantidade comercializada em litros (L) ou quilogramas (kg).

Após a organização dos dados, foram desconsiderados os produtos para o tratamento de sementes, visto que estes, mesmo que receitados para controle da cigarrinha do milho, possuem um amplo espectro de proteção contra insetos que podem causar danos na fase inicial da cultura do milho, como as lagartas e percevejos. Desta forma, a estimativa dos gastos com inseticidas para controle da cigarrinha do milho foi baseada apenas em agrotóxicos aplicados a campo.

Para as estimativas dos gastos com inseticidas para controle da cigarrinha do milho foram utilizados os dados dos preços pagos pelos inseticidas da

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB), e de empresas paranaenses especializadas na comercialização de produtos agropecuários.

O cálculo do gasto total com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho (GTC) foi realizado com base na Equação 1:

(Equação 1)

Onde m representa os municípios; n representa os meses do ano agrícola; I_{ij} representa os inseticidas utilizados para o controle da cigarrinha do milho; P_{ij} representa o gasto com os inseticidas, obtido pela multiplicação do preço do insumo pela quantidade aplicada do insumo; e A_{ij} representa a área plantada de milho em cada município.

O cálculo do gasto com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho por município (GCC) foi realizado a partir da Equação 2:

(Equação 2)

Onde n representa os meses do ano agrícola; I_{ij} representa os inseticidas utilizados para o controle da cigarrinha do milho no município; P_{ij} representa o gasto com os inseticidas, obtido pela multiplicação do preço do insumo pela quantidade do insumo aplicada no município; e A_{ij} representa a área planta de milho no município. Para facilitar a interpretação dos dados e padrões de , estes foram representados em forma de mapas para cada ano agrícola, como apresentado na Figura 1.

Todos os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2023, usando-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) – índice oficial de inflação no Brasil. Os valores corrigidos foram convertidos para dólares (Banco Central) na data de 29 de dezembro de 2023 (US\$ 1,00 = R\$ 4,84).

Para analisar se existe algum padrão espacial no gasto com o controle da cigarrinha no estado do Paraná, foi aplicada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Esta é considerada uma coleção de técnicas para descrever e visualizar possíveis padrões espaciais. Para sua aplicação, foi utilizada uma matriz de contiguidade rainha de primeira ordem. Nessa matriz, apenas os

municípios que fazem fronteira física direta com um dado municípios analisado foram classificados como sendo vizinhos.

A primeira técnica utilizada para identificar um padrão espacial no GCC foi o coeficiente de autocorrelação espacial conhecido como I de Moran Global (Moran, 1948). O I de Moran Global foi calculado de acordo com a Equação 3:

(Equação 3)

Onde n representa o número de municípios do estado do Paraná; assume peso igual a um para municípios quando município é vizinho, segundo a matriz rainha de primeira ordem, do município analisado, e zero caso contrário; G_i representa o GCC do município; G_j representa o GCC do município vizinho; \bar{G} representa o GCC médio do estado do Paraná com o controle da cigarrinha do milho. A significância estatística do coeficiente de I de Moran Global é um indicativo de existência padrão espacial do GCC no estado.

Posteriormente, o I de Moran foi decomposto para identificar padrões locais de homogeneidade ou heterogeneidade espacial, o chamado I de Moran Local. Nesta etapa foi aplicado o Indicador Local de Associação Espacial – LISA (Anselin, 1995), possibilitando a obtenção de padrões estatisticamente significativos como Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), que denotam aglomerados espaciais, e Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA), que indicam valores discrepantes espaciais. Para o cálculo do I de Moran Global e do I de Moran Local foi considerado um nível de significância de 5% para atestar ou rejeitar a existência de padrões espaciais no estado do Paraná.

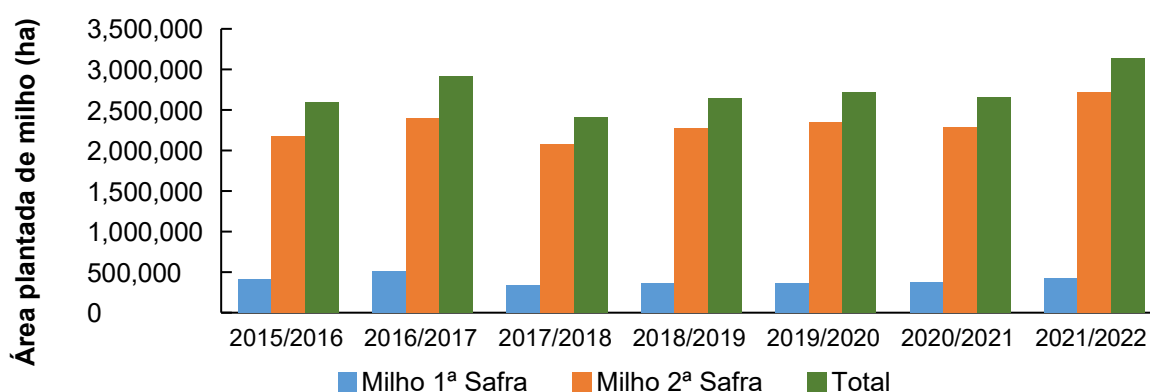
4 RESULTADOS

4.1 ÁREA PLANTADA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO MILHO NO PARANÁ

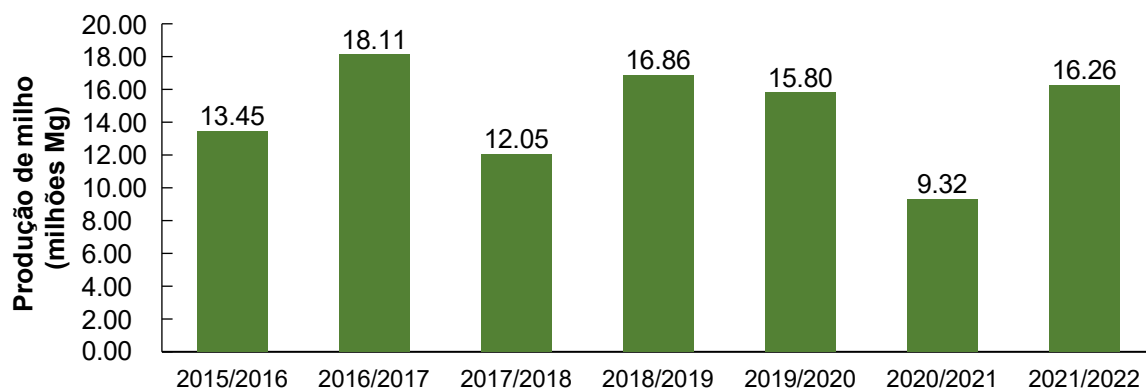
A área plantada de milho no Paraná passou por algumas alterações entre os anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022 (Figura 2a). É possível observar que, entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2021/2022, houve um aumento da área total (soma das áreas de primeira safra e de segunda safra ou safrinha) plantada de milho de aproximadamente 17,5%, passando de 2,59 milhões de hectares para 3,14 milhões de hectares. A menor área plantada de milho foi registrada no ano agrícola de 2017/2018, quando esta foi inferior a 2,41 milhões de hectares. Além disso, da área total destinada a cultura do milho, cerca de 85% foi cultivado na segunda safra.

A produção de milho no Paraná apresentou oscilações durante o período analisado (Figura 2b), com produção inferior a 15 milhões de Mg nos anos de 2015/2016, 2016/2017 e de 9,32 milhões Mg em 2020/2021. A produtividade também apresentou oscilações durante o período analisado, a maior produtividade foi registrada no ano 2018/2019, com 6,39 Mg ha⁻¹, e a menor no ano de 2020/2021, com 3,51 Mg ha⁻¹ (Figura 2c).

(a) Área plantada de milho



(b) Produção de milho



(c) Produtividade do milho

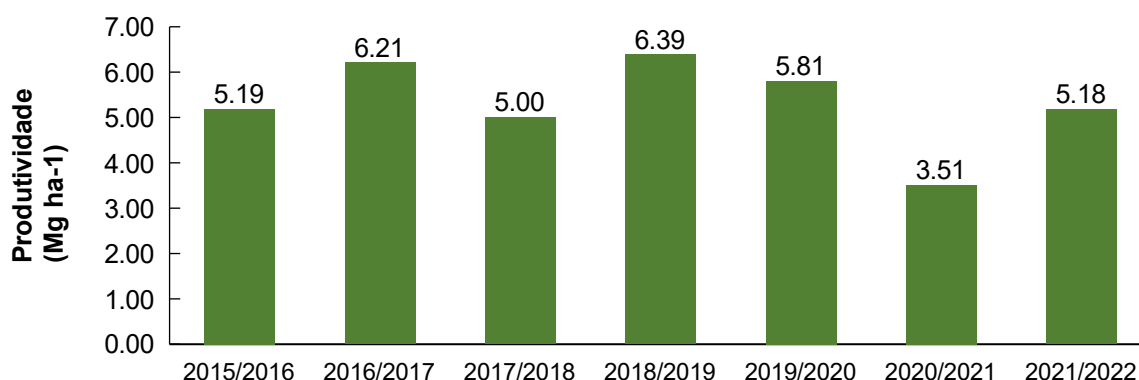


Figura 2. Área plantada, produção e produtividade do milho no estado do Paraná entre os anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022

Fonte: Elaborado com base nos dados de área plantada e produção da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná

Entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2021/2022 não se verifica grandes alterações na dinâmica espacial da área plantada de milho no Paraná (Figura 3). Grande parte dos municípios produziram o milho tanto na safra de verão quanto na safra de inverno, com exceção de alguns municípios da região Sudeste e Leste do Paraná, que cultivam o milho apenas na safra de verão, e de alguns municípios na região Norte e Oeste que cultivam o milho apenas na safra de inverno.

Os municípios com as maiores áreas de produção de milho, superior a 16 mil hectares, estão localizados nas regiões Oeste e Norte do Paraná. Os municípios com as menores áreas de cultivo, inferior a 8 mil hectares, estão localizados nas regiões Noroeste, Sul, Centro-Sul e Sudeste do Paraná.

4.2 GASTO COM O CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO NO PARANÁ

Entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2018/2019 o GTC foi inferior a US\$ 4 milhões (Figura 4a). Em 2019/2020 o GTC passou para US\$ 22,49 milhões, apresentando um aumento de 462,25% em relação ao ano agrícola anterior. Em 2020/2021 e 2021/2022 o GTC ultrapassou os US\$ 70 milhões, com aumento de 212,45% quando comparado ao ano agrícola de 2019/2020. O aumento do GTC no período de 2015/2016 a 2021/2022 foi de 2.419,00%.

Na análise dos gastos com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho por hectare (GTH), verifica-se que estes passaram de US\$ 1,41 ha⁻¹ em 2018/2019 para US\$ 8,27 ha⁻¹ em 2019/2020 (Figura 3b), apresentando um aumento de 487,00%. No ano agrícola de 2020/2021, o GTH atingiu o patamar de US\$ 26,44 ha⁻¹, com um aumento de 219,71%, em relação ao ano anterior. No ano agrícola de 2021/2022 o GTH foi de US\$ 24,38 ha⁻¹, apresentando uma redução de 3,78% em relação ao ano agrícola de 2020/2021. De modo geral verifica-se que entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2021/2022 houve um aumento de 1.984,00% no GTH.

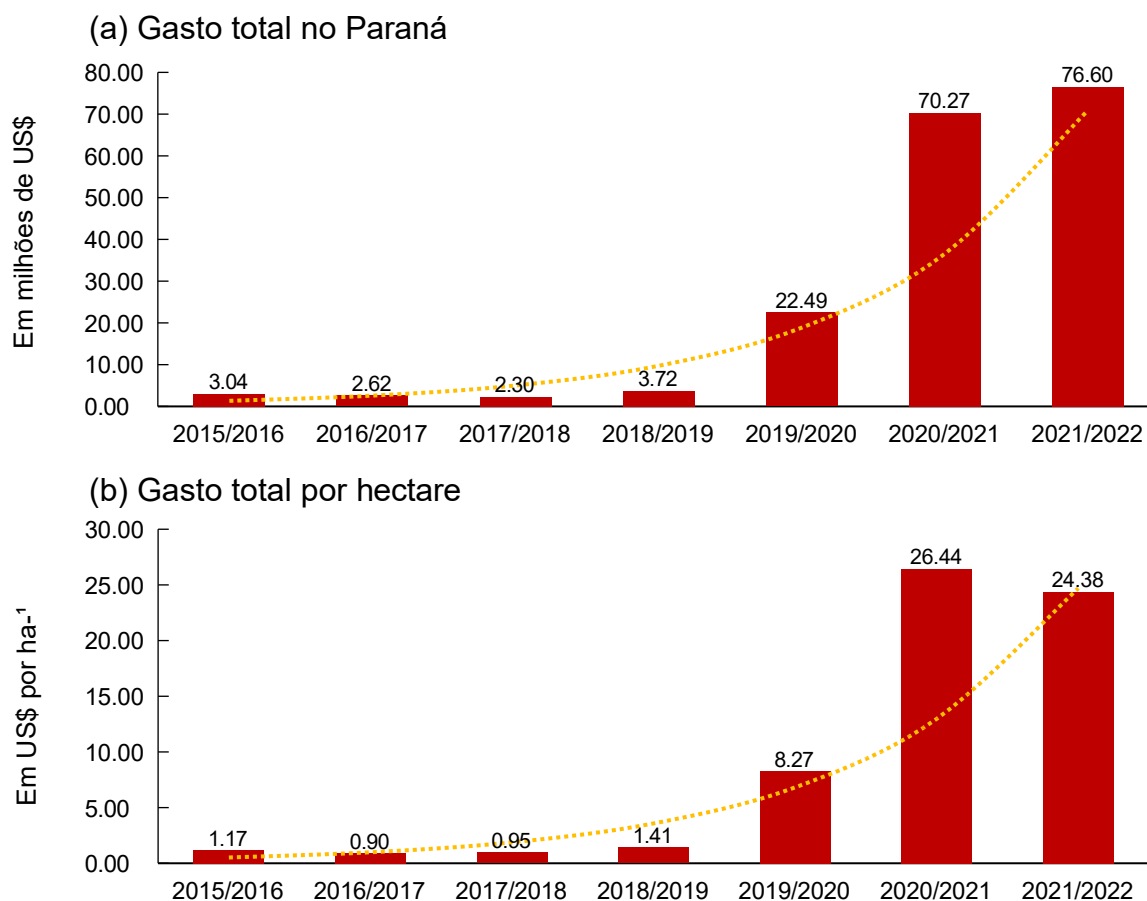


Figura 3. Gasto total com inseticidas para controle da cigarrinha do milho no estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná.

4.3 INGREDIENTES ATIVOS UTILIZADOS NO CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO NO PARANÁ

Entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2021/2022, observou-se um aumento, de até três vezes, no número de produtos utilizados para o controle da cigarrinha do milho no Brasil, com o número de composições químicas passando de cinco em 2015/2016 para quinze em 2021/2022 (Tabela 2). No entanto, mesmo com o aumento no número de composições químicas recomendadas para o manejo da cigarrinha do milho, grande parte do GTC no Paraná foi concentrada em poucas composições, sugerindo uma preferência pelo uso de determinados produtos, apesar da maior variedade de opções disponíveis para o controle da praga.

A composição química de Bifentrina 50 g/L + Imidacloprido 250 g/L foi predominante no GTC do Paraná entre os anos agrícolas de 2015/2016 e 2018/2019, correspondendo a 72% do GTC nos primeiros três anos e a 57,1% em 2018/2019. A partir de 2019/2020 outras composições passaram a serem utilizadas, como o Acefato 970 g/kg e Acefato 250 g/kg + Bifentrina 250 g/kg, ao mesmo tempo em que o Bifentrina 50 g/L + Imidacloprido 250 g/L caiu para cerca de 25% do GTC, nesse período, sendo que em conjunto essas composições passaram a representar mais de 50% do GTC.

Tabela 2. Gasto com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho por produtos comerciais no estado do Paraná nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022, em US\$

Ingrediente ativo	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Acefato 250 g/Kg + Bifentrina 250 g/Kg	X	X	5.637,87	470.529,47	2.892.109,23	13.892.788,63	10.266.931,99
Acefato 750 g/Kg	X	X	X	1.361,09	4.451.609,07	9.090.188,91	3.871.664,40
Acefato 850 g/Kg + Bifentrina 30 g/Kg	877.506,30	748.111,94	X	X	X	X	X
Acefato 970 g/Kg	X	X	X	1.679,00	5.611.832,16	13.151.517,72	21.763.833,86
Acetamiprido 75 g/L + Fenpropatrina 112,5 g/L	X	X	X	X	175.187,88	1.764.032,62	1.496.233,55
Beauveria bassiana	X	X	850,68	877,60	30.228,59	2.268.420,70	3.301.992,07
Bifentrina 50 g / L + Imidacloprido 250g / L	2.176.987,09	1.877.112,02	1.660.595,57	2.124.364,18	5.992.315,03	17.441.091,10	11.587.747,36
Bifentrina 50 g/L + Carbossulfano 150 g/L	X	X	4.976,69	312.728,94	1.059.370,95	5.783.255,36	8.497.069,49
Cipermetrina 40 g/L + Profenofós 400 g/L	X	X	X	X	111.665,80	432.037,73	954.578,81
Éster metílico de óleo de soja	249,08	X	X	X	X	321,39	X
Etiprole 200 g/L	X	X	X	X	X	496.068,06	2.431.721,63
Imidacloprido 100 g/L + Beta-Ciflutrina 12,5 g/L	X	X	624.382,05	808.089,78	2.166.512,81	5.691.268,05	5.376.560,32
Isaria fumosorosea	X	X	X	X	X	261.400,13	503.427,06
Lambda Cialotrina 48 g/L + Dinotefuran 84 g/L	X	X	472,85	1.173,58	6.802,55	11.109,86	749.582,81
Metomil 215 g/L	X	X	X	X	X	X	5.549.949,99
Nonil Fenoxi Poli Etanol	41,11	201,31	X	X	X	X	X
Óleo Mineral	96,70	X	X	X	X	X	X
Profenofós 500 g/L + Lufenurom 50 g/L	X	X	X	X	X	X	1.725,32
Tiametoxam 500 g/L	X	X	X	X	X	X	245.658,88
Total de gasto	3.054.880,28	2.625.425,27	2.296.915,72	3.720.803,65	22.497.634,08	70.283.500,26	76.598.677,55

Fonte: Elaborado com base nos dados da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná.

OBS: O "x" indica que não houve nenhum produto recomendado para determinado ano agrícola.

4.4 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO GASTO COM INSETICIDAS PARA O CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO NO PARANÁ

Na análise do GCC por hectare, observa-se que, nos primeiros anos agrícolas, uma grande parte dos municípios apresentava valores entre US\$ 0 e US\$ 10,00 ha⁻¹. No entanto, ao longo dos anos, a porcentagem de municípios nessas categorias diminuiu, enquanto nas categorias com maiores valores de GCC aumentou (Tabela 3). Nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2018/2019, em média, aproximadamente 31% dos municípios do Paraná não registraram GCC. Todavia, no ano agrícola de 2019/2020 cerca de 15% dos municípios não apresentaram GCC, e no ano agrícola de 2020/2021 esse percentual caiu para 8%. No último ano analisado, 2021/2022, apenas 4% dos municípios do Paraná não registraram GCC.

Nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2018/2019, 68% dos municípios apresentaram valores de GCC entre US\$ 0,01 ha⁻¹ e US\$ 30,00 ha⁻¹ e menos de 1% dos municípios apresentaram valores de GCC superiores a US\$ 30,00 ha⁻¹. No ano agrícola 2019/2020 cerca de 81% dos municípios apresentaram os valores de GCC entre US\$ 0,01 ha⁻¹ e US\$ 30,00 ha⁻¹, cerca de 3,26% dos municípios apresentaram valores de GCC entre US\$ 30,01 ha⁻¹ e US\$ 60,00 ha⁻¹ e 1,5% apresentaram valores de GCC superiores a US\$ 60,01 ha⁻¹. No ano agrícola 2020/2021 aproximadamente 56% dos municípios apresentaram valores de GCC entre US\$ 0,01 ha⁻¹ e US\$ 30,00 ha⁻¹, cerca de 23% dos municípios apresentaram valores de GCC entre US\$ 30,01 ha⁻¹ e US\$ 60,00 ha⁻¹ e 13% apresentaram valores de GCC superiores a US\$ 60,01 ha⁻¹. No ano agrícola 2021/2022 aproximadamente 69% dos municípios apresentaram valores de GCC entre US\$ 0,01 ha⁻¹ e US\$ 30,00 ha⁻¹, cerca de 14% dos municípios apresentaram valores de GCC entre US\$ 30,01 ha⁻¹ e US\$ 60,00 ha⁻¹ e 14% apresentaram valores de GCC superiores a US\$ 60,01 ha⁻¹.

Tabela 3. Número de municípios paranaenses de acordo com as faixas de gastos com o controle da cigarrinha por hectare entre os anos de 2015/2016 e 2020/2021

US\$ ha ⁻¹	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
0	151	121	124	113	57	31	14
0,01-10,00	241	273	273	278	232	71	87
10,01-20,00	6	2	1	7	75	84	116
20,01-30,00	1	1	0	1	16	70	72
30,01-60,00	0	1	1	0	13	93	56
60,01-120,00	0	1	0	0	5	38	34
>120	0	0	0	0	1	12	20

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná.

No ano agrícola de 2015/2016, observou-se que os municípios que apresentaram GCC se concentravam nas regiões Oeste e Norte do Paraná (Figura 5a). No ano agrícola de 2016/2017, notou-se uma concentração de municípios com GCC nas regiões Oeste, Norte e Sul do Paraná (Figura 5b). Além disso, no Norte se localizam os dois municípios que apresentaram os valores de GCC mais elevados do Paraná: Sapopema (US\$ 80,75 ha⁻¹) e Santa Cecília do Pavão (US\$ 44,35 ha⁻¹). No ano agrícola de 2017/2018, a distribuição do GCC permaneceu semelhante à do ano anterior, contudo o município de Umuarama apresentou um valor de GCC de US\$ 32,03 ha⁻¹ (Figura 5c).

No ano agrícola de 2018/2019 o GCC é observado em quase todos os municípios do Paraná (Figura 5d), todavia não houve municípios com GCC superior a US\$ 30,00 ha⁻¹. No ano agrícola de 2019/2020 cerca de 86% dos municípios do Paraná apresentaram algum valor de GCC. Os municípios com os maiores valores de GCC, acima de US\$ 60,01 ha⁻¹, concentraram-se nas regiões Oeste, Norte e Centro do estado (Figura 5e). Dentre eles, destacam-se Marumbi (US\$ 87,60 ha⁻¹), Umuarama (US\$ 79,41 ha⁻¹) e Inajá (US\$ 121,52 ha⁻¹).

No ano agrícola de 2020/2021, 92% dos municípios do Paraná apresentaram algum valor de GCC. Os municípios com os maiores valores de GCC, acima de US\$ 120,01 ha⁻¹, concentraram-se nas regiões do Noroeste, Centro e Sudoeste do Estado (Figura 5f). Sendo os maiores GCC apresentados nos municípios de Mauá da Serra (US\$ 186,81 ha⁻¹), Sapopema (US\$ 186,31 ha⁻¹) e Saudade do Iguaçu (US\$ 200,99 ha⁻¹). Contudo, neste mesmo ano agrícola,

observou-se uma menor concentração de municípios com GCC superior a US\$ 60,00 ha⁻¹ nas regiões Oeste e Sudeste do Paraná.

No ano agrícola de 2021/2022, 96% dos municípios apresentaram algum valor de GCC. No entanto, ao contrário dos anos anteriores, os municípios com os maiores valores de GCC, ou seja acima de US\$ 120,01 ha⁻¹, concentraram-se mais nas regiões Centro-Sul e Leste do Paraná (Figura 5g). Dentre estes municípios, destacam-se Carambeí (US\$ 201,25 ha⁻¹), Castro (US\$ 238,93 ha⁻¹); Reserva do Iguaçu (US\$ 202,96 ha⁻¹) e Guarapuava (US\$ 218,09 ha⁻¹).

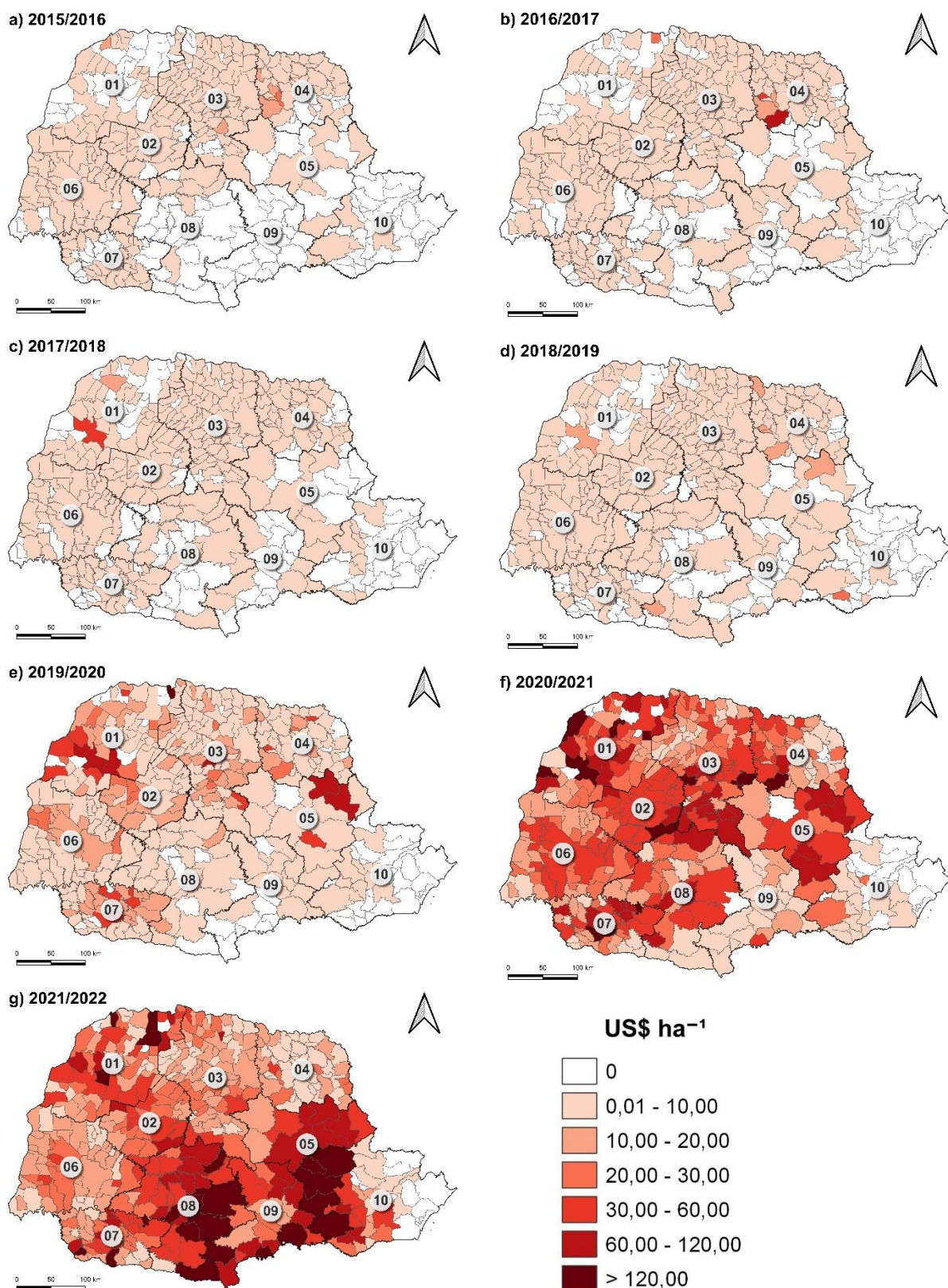


Figura 5. Gasto por hectare com o controle da cigarrinha do milho nos municípios do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022

Notas: 1- Noroeste Paranaense. 2- Centro-Occidental Paranaense. 3- Norte Central Paranaense. 4- Norte Pioneiro Paranaense. 5- Centro-Oriental Paranaense, 6- Oeste Paranaense, 7- Sudoeste Paranaense. 8- Centro-Sul Paranaense. 9- Sudeste Paranaense. 10- Metropolitana de Curitiba.

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) demonstrou a existência de autocorrelação espacial positiva (>0) no GCC do Paraná (Figura 6). Os coeficientes estimados do I de Moran foram positivos e estatisticamente significativos ao nível de 5%. Os valores obtidos de I de Moran Global para cada ano agrícola foram de no ano agrícola 2015/2016 (Figura 6a), em 2016/2017 (Figura 6b), em 2017/2018 (Figura 6c), em 2018/2019 (Figura 6d), em 2019/2020 (Figura 6e), em 2020/2021 (Figura 6f) e em 2021/2022 (Figura 6g), indicando um aumento na correlação para a formação de clusters do tipo Alto-Alto (AA) ou Baixo-Baixo (BB).

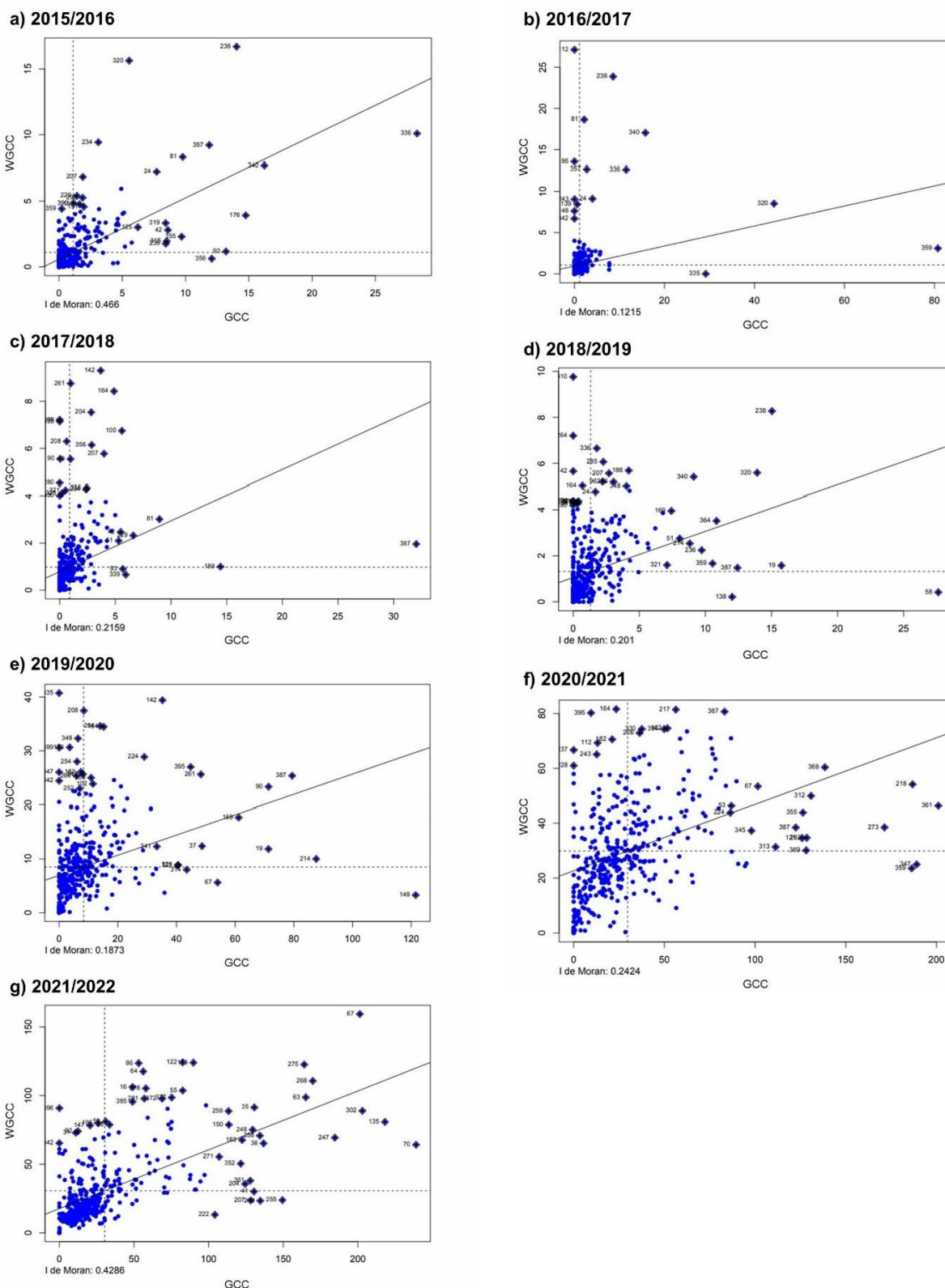


Figura 6. I de Moran para gasto com o controle de cigarrinha do milho dos municípios paranaenses entre os anos agrícolas de 2015/2016 a 2020/2021

Notas: Todos os valores I de Moran foram estatisticamente significativos a 5%. O eixo GCC representa o gasto com o controle da cigarrinha do milho no município em relação aos seus vizinhos WGCC, conforme a matriz rainha de primeira ordem.

A análise espacial do GCC, utilizando o método LISA, apresentou a formação de clusters distintos entre as regiões do estado (Figura 7). Nos dois primeiros anos agrícolas avaliados, 2015/2016 e 2016/2017, é observado a formação de um cluster AA predominantemente na região mais ao Nordeste do estado, indicando que os municípios desta região apresentam valores de GCC significativamente maiores que a média do estado. Em contraste, é observado a formação de um pequeno cluster BB ao Noroeste e um grande cluster BB nas regiões ao Centro-Sul e Leste do Paraná, mostrando que os municípios destas regiões apresentam valores de GCC estatisticamente inferior a média do estado (Figura 7a,b).

Nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019, é observado a formação de clusters AA na região Noroeste do estado, onde nos anos anteriores era clusters BB. Além disso, é observado a intensificação do cluster AA na região ao Nordeste do Paraná. Neste mesmo período, é possível observar que o cluster BB nas regiões mais ao Sul do estado apresentou uma área menor, em relação aos anos anteriores (Figura 7c,d).

No ano agrícola de 2019/2020, observa-se uma concentração do cluster AA no Noroeste do estado. Os clusters AA localizados no Nordeste desapareceram, enquanto pequenos clusters AA surgiram na região Sudoeste do Paraná. O cluster BB presente nas regiões ao Sul do estado apresentou uma área menor, concentrando-se mais ao Sudeste do estado (Figura 7e).

No ano agrícola de 2020/2021, além da presença do cluster AA no Noroeste e no Sudoeste paranaense, observa-se a formação de um novo cluster AA na região central do estado. O cluster BB na região Sudeste reduziu ainda mais sua área, assumindo a configuração de uma faixa estreita mais ao Sul e Sudeste, além disso, foi identificado a formação de um cluster BB na região Nordeste do estado (Figura 7f).

No ano agrícola de 2021/2022, observa-se uma inversão nos padrões de clusters apresentados nos primeiros anos avaliados, com a formação de dois grandes clusters AA na região Sul e Sudeste do estado. Devido à formação destes clusters, o cluster BB que anteriormente ocupava essa área foi concentrado em um pequeno cluster mais a Leste do estado. Além disso, a formação de clusters BB nas regiões mais ao Norte, Nordeste e Oeste do Paraná (Figura 7g).

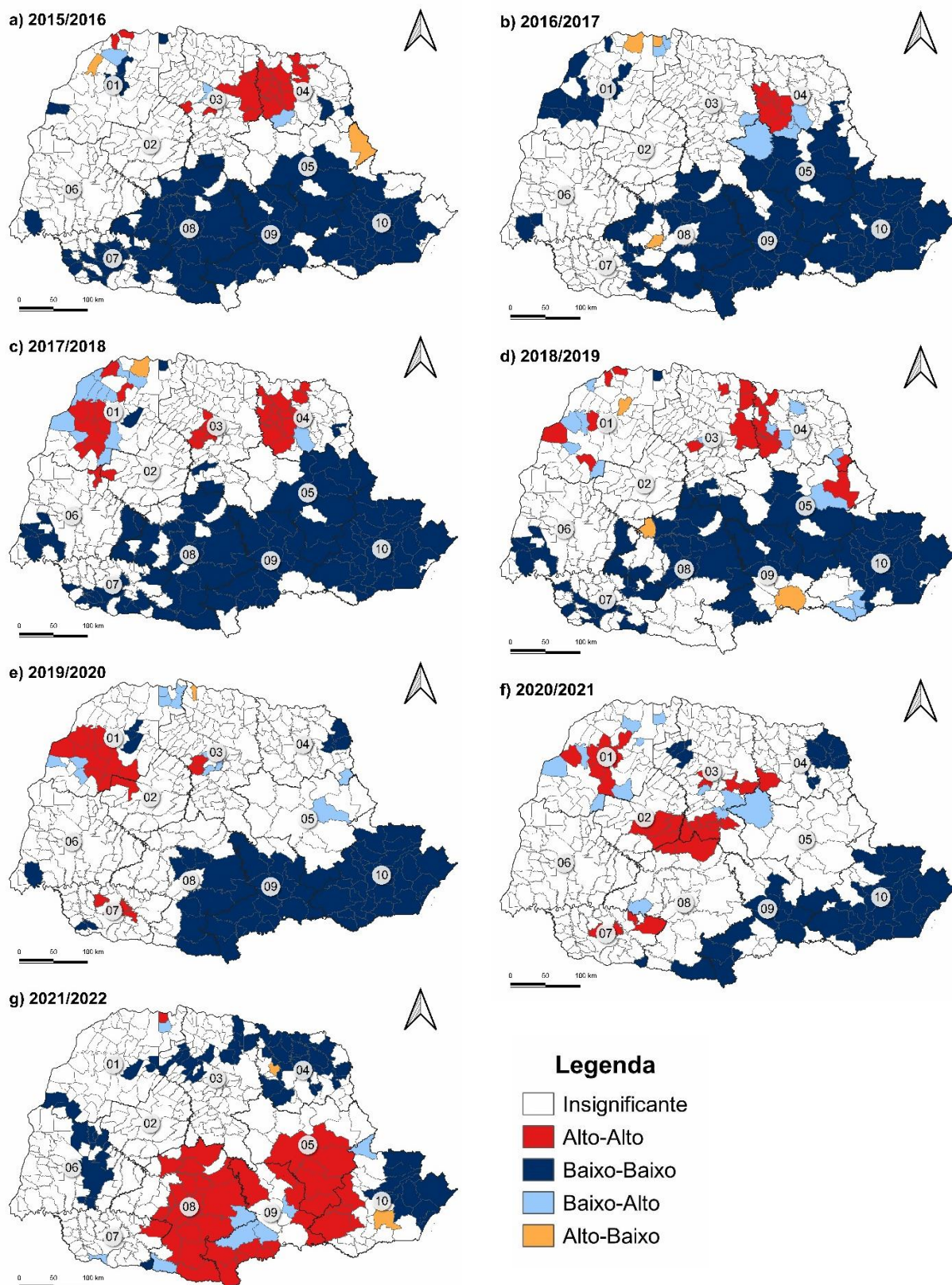


Figura 7. Indicador Local de Associação Espacial para os gastos com o controle de cigarrinha nos municípios paranaenses entre os anos agrícolas de 2015/2016 à 2021/2022

Notas: Alto-Alto indica aglomerados espaciais de valores altos, Baixo-Baixo de valores baixos, alto-baixo indica que a unidade espacial de valor alto está cercada por unidades de valores baixos e baixo-alto a unidade espacial de valor baixo é cercada por unidades de valores altos.

5 DISCUSSÃO

Durante os quatro primeiros anos agrícolas analisados, de 2015/2016 a 2018/2019, o GCC manteve-se relativamente baixo e estável, e se concentrava nos municípios das regiões tradicionais de cultivo intensivo de grãos, ou seja, Norte e Oeste do Paraná - onde o milho é cultivado tanto na primeira safra quanto na segunda safra. Esse padrão espacial sugere que a ocorrência da cigarrinha, neste período, estava ligada à "ponte verde", que segundo Oliveira e Frizzas (2022) é uma continuidade no fornecimento de alimento, proporcionada pelo cultivo ininterrupto do milho. A presença constante do hospedeiro no campo cria um ambiente favorável para a reprodução contínua da praga, o que contribuiu para a necessidade de manutenção das populações de cigarrinhas ao longo das safras.

A partir do ano agrícola de 2019/2020, observou-se um aumento expressivo no GCC, com expansão em diferentes regiões do Paraná. Esse aumento intensificou-se ainda mais nos anos de 2020/2021 e 2021/2022. Alguns fatores locais podem ter contribuído para o aumento do GCC, como o longo período de estiagem e altas temperaturas registradas entre os anos 2019 e 2022 (SIMEPAR, 2023). As altas temperaturas influenciam diretamente na biologia do inseto favorecendo a uma reprodução mais acelerada dos insetos, permitindo a ocorrência de múltiplas gerações em uma única safra (WAQUIL et al., 1999; DEUTSCH et al., 2018). Como consequência, a disseminação mais intensa dos patógenos relacionados ao complexo de enfezamento nas lavouras de milho (ÁVILA et al., 2021).

Em decorrência do longo período de estiagem é possível observar uma redução na produção de milho no ano de 2020/2021 (Figura 2b), que resultou em uma baixa oferta do grão no mercado e ao aumento do preço de venda do mesmo. O preço do milho grão alcançou até US\$ 400,00 por Mg em 2020/2021, enquanto nos anos anteriores não ultrapassava a US\$ 200,00 por Mg (Figura 8). O aumento no preço do grão pode incentivar os agricultores a expandirem as áreas de cultivo, incluindo regiões menos tradicionais na cultura, sendo observado um incremento de 16% na área plantada de milho do ano agrícola de 2020/2021 para o ano agrícola 2021/2022 (Figura 2a). Contudo, a maior disponibilidade de hospedeiros, devido à expansão da área plantada, pode ter contribuído para a intensificação da pressão da praga no campo, elevando a demanda por inseticidas

para o controle da cigarrinha e para manter altos níveis de produtividade.

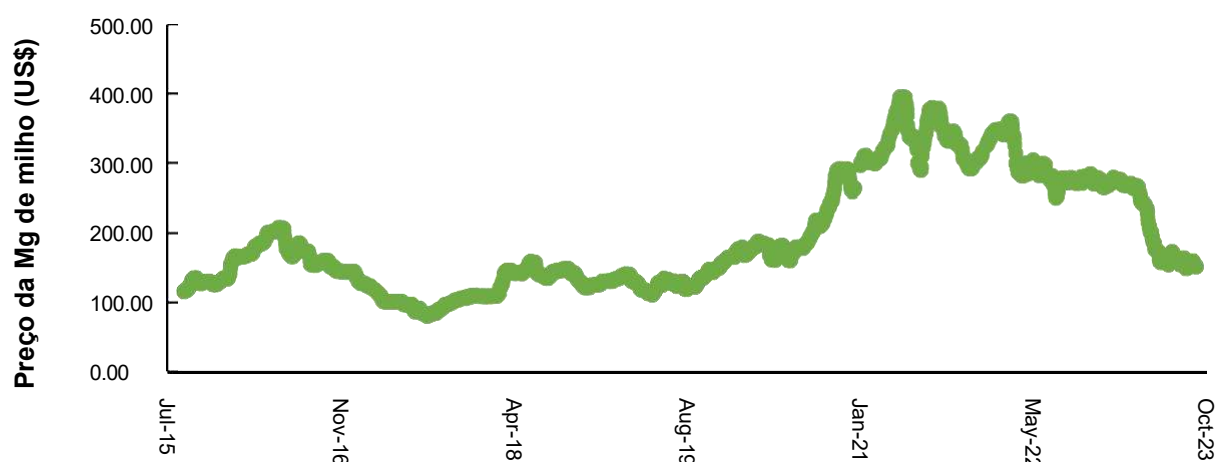


Figura 8. Preço diário de venda do milho em Mg de grãos nas praças do Paraná, no intervalo de julho de 2015 a dezembro de 2023.

Fonte: Elaborado com base nos relatórios de preços da Secretaria da Agricultura e do abastecimento do Paraná.

Outro ponto observado é que grande parte dos municípios que apresentaram os maiores valores de GCC nos últimos anos possuíam áreas de cultivo de milho inferiores a 16 mil hectares, indicando que estes municípios não são tradicionais no cultivo de grãos e foram influenciados pelo alto preço do grão no período. Os municípios com os maiores GCC pertencem a regiões como o Noroeste Paranaense, que tem por característica a atividade de pecuária e lavouras permanentes, e a Região Metropolitana de Curitiba, caracterizada pela agricultura familiar e áreas florestais. Nos últimos anos essas áreas apresentaram os valores de GCC maiores em comparação com a região Oeste, que é caracterizada pela produção intensiva de grãos e uso alta tecnologia (FUENTES-LLANILLO et al., 2006; CUNHA, 2024). Dessa forma, o alto GCC nessas regiões pode estar relacionado à falta de acesso a tecnologias de produção, como cultivares resistentes ao complexo de enfezamento, além de insuficiência de assistência técnica e manejo inadequado da cigarrinha do milho.

O aumento do uso de inseticidas resulta também em um aumento nos custos de produção do grão, devido aos maiores gastos com insumos e operações agrícolas. E esse impacta diretamente no lucro dos agricultores e na sustentabilidade do cultivo do milho. Segundo o estudo de Volsi et al. (2021), o milho de verão apresentou uma rentabilidade média de US\$ 1740,42 ha⁻¹ e um custo de produção médio de US\$ 1000,99 ha⁻¹, resultando em um lucro de US\$ 739,43 ha⁻¹

(valores corrigidos para dezembro de 2023). Já o milho de inverno apresentou uma receita média de US\$ 632,04 ha⁻¹ e um custo de produção médio de US\$ 874,48 ha⁻¹, resultando em um prejuízo de US\$ 242,44 ha⁻¹.

Com base neste estudo, nos municípios com o GCC superior a US\$ 120,00 ha⁻¹ o custo de produção do milho poderia ultrapassar a US\$ 1120,99 ha⁻¹ na safra de verão e US\$ 994,48 na safra de inverno. A safra de verão teria redução de mais de 16% no lucro e na safra de inverno o prejuízo aumentaria em mais de 50%. Além disso, outros estudos também têm demonstrado que cultivo de milho de inverno é de alto risco e tende ao prejuízo, no entanto, este prejuízo é diluído pelo lucro das demais culturas cultivadas no verão (GARBELINI et al., 2020). Neste caso o aumento do GCC não impacta apenas no lucro da cultura do milho em si, mas sim no lucro de todo o sistema de produção.

O aumento no GCC também parte do princípio de que o controle químico da cigarrinha do milho pode não ser eficiente nas condições de campo (OLIVEIRA et al., 2007). Isso é atribuído a diversas características biológicas do inseto, como seu tamanho pequeno, comportamento migratório, alta capacidade reprodutiva e características de oviposição (OLIVEIRA et al., 2013). Existem poucos estudos sobre a eficiência do controle químico para a cigarrinha do milho, no entanto, o controle químico auxilia na redução da alimentação dos insetos, o que contribui para diminuir a disseminação dos patógenos e mitigar as perdas de produtividade (SILVEIRA, 2019). Além de que, essa é uma das poucas opções de ação imediata disponíveis para o produtor.

Atualmente, há 55 produtos registrados para pulverização foliar no controle da cigarrinha do milho no Brasil (MAPA, 2024). No entanto, este estudo identificou o uso de apenas 19 composições químicas distintas, sendo que três desses produtos foram responsáveis por mais de 50% do GTC do estado. Isso sugere uma concentração no uso de determinados inseticidas, possivelmente devido à sua eficácia percebida, ou a fatores como custo e disponibilidade. Contudo, o uso prolongado do mesmo mecanismo de ação pode levar à seleção de biótipos resistentes (PU; WANG; CHUNG, 2019). Essa questão é preocupante pois casos semelhantes já ocorreram com outras pragas da cultura, como a lagarta do cartucho (FAZOLIN et al., 2015) e dificultam ainda mais o controle da praga no campo.

Além da seleção de biótipos resistentes, o uso de inseticidas pode causar impactos ambientais quando usado indiscriminadamente, como a redução de

inimigos naturais, insetos polinizadores e toxicidade para outros animais (LYKOGIANNI et al., 2021). O uso de inseticidas biológicos pode ser uma alternativa aos inseticidas químicos e tem sido utilizado no campo desde o ano agrícola de 2017/2018. No entanto, sua adoção permanece insignificante quando comparada ao uso dos químicos (Tabela 2), devido principalmente à sua baixa eficiência no campo e longo tempo de mortalidade dos insetos. Em condições controladas, o isolado de *Beauveria bassiana* demonstrou aproximadamente 50% de eficácia no controle da cigarrinha do milho, com um tempo médio de mortalidade dos insetos de 9 dias (TOLEDO et al., 2007).

Diante da falta de estudos sobre a eficiência de controle dos inseticidas químicos e biológicos, e também de mais estudos econômicos sobre os danos causados pelo complexo de enfezamento e o controle do inseto, se faz importante a recomendação do uso das técnicas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) como: o uso de cultivares resistentes, monitoramento da população de insetos, eliminação de milho voluntário e a rotação de ingredientes ativos (ÁVILA et al., 2021), a fim de minimizar a dependência do uso de inseticidas, reduzindo os riscos e os custos de produção do milho, contribuindo, assim, para uma agricultura mais ecologicamente sustentável.

6 CONCLUSÃO

Este estudo analisou os gastos com inseticidas para o controle da cigarrinha do milho no Paraná nos anos agrícolas de 2015/2016 a 2021/2022. Os resultados indicam um aumento de 2.419,00% no GTC nesse período, refletindo uma intensificação do uso de inseticidas.

A distribuição espacial dos gastos indica que o GCC se expandiu além das regiões tradicionais de cultivo do grão no estado, como Oeste e Norte, concentrando altos valores em áreas com menor histórico de produção, como Noroeste e Centro-Sul, possivelmente devido ao menor acesso à assistência técnica e tecnologias de manejo integrado de pragas.

Além disso, mesmo com o aumento no número de produtos liberados para o controle da cigarrinha ao longo dos anos, os gastos foram concentrados em apenas três composições químicas, o que favorece a seleção de biótipos resistentes e pode dificultar o controle da praga no futuro.

Diante disso, a assistência técnica e a adoção de medidas preventiva, como o uso de cultivares tolerantes, práticas de manejo integrado de pragas e diversificação de ingredientes ativos, são essenciais para reduzir a dependência de inseticidas, minimizar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade econômica da cultura do milho no estado.

REFERÊNCIAS

- ADAPAR – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – Manual de orientação para uso do SIAGRO, 2019. Disponível em < <https://www.adapar.pr.gov.br/> > Acesso em 15 de fevereiro de 2024.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, ed. 27, p. 93-115. 1995.
- ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, C. M. de; MOREIRA, S. C. da; BIANCO, R.; TAMAI, M. A. A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 182, n. 1, p. 18-25, 2021.
- CANALE, M.C.; NESI, C. N.; CASTILHOS, R. V. Abundância de *Dalbulus maidis* e impacto da doença rayado fino do milho em diferentes genótipos em condições de campo em Santa Catarina, Brasil. **Tropa. patol vegetal**, 2023.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> Acesso em: 02 de setembro de 2023.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br> Acesso em: 02 de setembro de 2023.
- COSTA, G. V. D.; NEVES, C. S. V. J.; BASSANEZI, R. B.; LEITE JUNIOR, R. P.; TELLES, T. S. Impacto econômico do Huanglongbing na produção de laranja. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, p. e-472, 2021.
- COSTA, R. V. D.; SILVA, D. D. D.; COTA, L. V.; CAMPOS, L. J. M.; ALMEIDA, R. E. M. D.; BERNARDES, F. P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e00872, 2019.
- CUNHA, M. S. Permanências e mudanças na estrutura produtiva da agropecuária paranaense, 2006-2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 4, e277000, 2024.
- 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.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. Disponível em < <https://www.fao.org/faostat/> > acesso em: 15 de fevereiro de 2024.
- FAZOLIN, M., ESTRELA, J. L. V., Monteiro, A. F. M., GOMES, L. P., da SILVA, I. M., & SILVA, M. D. F. Sinérgico alternativo para o manejo da resistência da lagarta-do-cartucho do milho a piretróides. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.3, p. 316-325, 2015.
- FONTENELE, R. S.; ALVES-FREITAS, D. M.; SILVA, P. I.; FORESTI, J.; SILVA, P. R.; GODINHO, M. T.; 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.

FUENTES-LLANILLO, R. F.; GROSSI, M. E.; SANTOS, F. O.; MUNHOS, P. D.; GUIMARÃES, M. F. Regionalização da agricultura do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 120-127, 2006.

GOODMAN, M. M.; GALINAT, W. C. A história e evolução do milho. **Revisões críticas em ciências de plantas**, v. 7, n. 3, p. 197-220, 1988.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria>> Acesso em 15 de fevereiro de 2024.

LYKOGIANNI, M.; BEMPELOU, E.; KARAMAOUNA, F.; ALIFERIS, K. A. Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. **Science of The Total Environment**, v. 795, p. 148625, 2021.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Sistema de agrotóxicos fitossanitários – AGROFIT. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 05 setembro de 2024.

MARÍN, R. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). **Revista Peruana Entomol**, v. 30, p. 113-117, 1987.

MARQUES, J. F. Costs of soil erosion from an area of high agricultural production. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 227-244, 1998.

MARQUES, R. S.; DA CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; ALVES, T. C.; SILVA, S. M.; ZANDONADI, C. H. S. Control of *Dalbulus maidis* in maize crop with electrostatic spraying. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 6, p. 1780-1788, 2019.

MARTIN, D. P.; SHEPHERD, D. N. The epidemiology, economic impact and control of maize streak disease. **Food Security**, v. 1, p. 305-315, 2009.

MORAN, P. The interpretation of statistical maps. **Journal of Royal Statistical Society, series B**, vol. 10, n. 2, p. 243-251, 1948.

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.

NAULT, L. R.; DELONG, D. M. Evidence for co-evolution of leafhoppers in the genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Homoptera) with maize and its ancestors. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 73, n. 4, p. 349-353, 1980.

NEVES, T. N.; FORESTI, J.; SILVA, P. R.; ALVES, E.; ROCHA, R.; OLIVEIRA, C.; PEREIRA, E. J. Insecticide seed treatment against corn leafhopper: helping protect grain yield in critical plant growth stages. **Pest Management Science**, v. 78, n. 4, p. 1482-1491, 2022.

OLESZCZUK, J. D.; CATALANO, M. I.; DALAISÓN, L., RIENZO; J. A. D.; PECCI, M. D. L. P. G.; CARPANE, P. Characterization of components of resistance to Corn Stunt disease. **Plos one**, v. 15, n. 10, 2020.

OLIVEIRA, C. M. D.; SABATO, E. O.; BARROS, B. A. Natural infectivity of *Dalbulus maidis* populations and incidence of corn stunt and virus diseases in maize over time. **Tropical Plant Pathology**, p. 1-6, 2023.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, E. Plantas hibernantes para adultos de *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) durante a entressafra do milho no Brasil central. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, n. 4, pg. 1105-1111, 2020.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; NAULT, I. 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.; OLIVEIRA, E.; SOUZA, I. R. P.; ALVES, E.; DOLEZAL, W.; PARADELL, S.; FRIZZAS, M. R. Abundance and species richness of leafhoppers and planthoppers (Hemiptera: Cicadellidae and Delphacidae) in Brazilian maize crops. **Florida Entomologist**, v. 96, n. 4, p. 1470-1481, 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, n. 1, p. 1-17, 2022.

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, 2003.

OLIVEIRA, E.; TERNES, S.; VILAMIU, R.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. Abundance of the insect vector of two different Mollicutes plant pathogens in the vegetative maize cycle. **Phytopathogenic Mollicutes**, v. 5, n. 1s, p. S117-S118, 2015.

OLIVEIRA, M. S.; ROCHA, A.; SULYOK, M.; KRŠKA, R.; MALLMANN, C. A. Natural mycotoxin contamination of maize (*Zea mays* L.) in the South region of Brazil. **Food Control**, v. 73, p. 127-132, 2017.

ORLOVSKIS, Z.; CANALE, M. C.; HARYONO, M.; LOPES, J. R. S.; KUO, C. H.; HOGENHOUT, S. A. A few sequence polymorphisms among isolates of Maize bushy stunt phytoplasma associate with organ proliferation symptoms of infected maize plants. **Annals of Botany**, v. 119, n. 5, p. 869-884, 2017.

PU, J.; WANG, Z.; CHUNG, H. REVIEW: Climate change and the genetics of insecticide resistance. **Pest Management Science**, v. 76, n. 3, p. 846-852, 2020.

SABATO, E. O. Enfezamentos do milho. In: OLIVEIRA C.M. SABATO, E.O. Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: EMBRAPA, 11-24 p., 2017.

SABATO, E. D. 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. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/> Acesso em: 20 de agosto de 2023.

- SANTANA JR, P. A.; KUMAR, L.; SILVA, R. S.; PEREIRA, J. L.; PICANÇO, M. C. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. **Pest Management Science**, v. 75, n. 10, p. 2706-2715, 2019.
- SAVARY, S.; WILLOCQUET, L.; PETHYBRIDGE, S. J.; ESKER, P.; MCROBERTS, R.; NELSON, A. The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nature ecology & evolution**, v. 3, n. 3, p. 430-439, 2019.
- SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. DERAL. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br>. Acesso em: 02 setembro, 2023.
- SILVA, H. J. T.; SANTOS, P. F. A.; NOGUEIRA JUNIOR, E. C.; VIAN, C. E. D. F. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 142, 2020.
- SILVEIRA, C. H. Eficácia de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2019.
- SIMEPAR – Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná, 2024. Disponível em < <http://www.simepar.org/> > Acesso em 15 de fevereiro de 2024.
- 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, n. 3, p. 291-315, 1985.
- VAN NIEUWENHOVE, G. A.; FRÍAS, E. A.; VIRLA, E. G. Effects of temperature on the development, performance and fitness of the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae): implications on its distribution under climate change. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 18, n. 1, p. 1-10, 2016.
- VILANOVA, E. S.; RAMOS, A.; DE OLIVEIRA, M. C. S.; ESTEVES, M. B.; GONÇALVES, M. C.; LOPES, J. R. First report of a mastrevirus (*Geminiviridae*) transmitted by the corn leafhopper. **Plant Disease**, v. 106, n. 5, p. 1330-1333, 2022.
- VIRLA, E. G.; COLL ARAOZ, M. V.; LUFT ALBARRACIN, E. Estimation of direct damage to maize seedlings by the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), under different watering regimes. **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, p. 438-444, 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, n. 1, p. 19849, 2022.
- WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P. Aspectos da biologia da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, p. 413-420, 1999.
- ZAMBRANO, J. L.; FRANCIS, D. M.; REDINBAUGH, M. G. Identification of resistance to *Maize rayado fino virus* in maize inbred lines. **Plant disease**, v. 97, n. 11, p. 1418-1423, 2013.