



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LUCIANO MENDES DE OLIVEIRA

**AMOSTRAGEM E MAPA DO POTENCIAL REPRODUTIVO
DE *Diceraeus melacanthus*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) NO PARANÁ**

LUCIANO MENDES DE OLIVEIRA

**AMOSTRAGEM E MAPA DO POTENCIAL REPRODUTIVO
DE *Diceraeus melacanthus*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) NO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Curso de Doutorado da Universidade Estadual de Londrina, área de concentração em Entomologia.

Orientador: Prof. Ayres de Oliveira Menezes Júnior.

Coorientador: Dr. Humberto Godoy Androcioli.

Londrina
2024

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

D278a Oliveira, Luciano Mendes de.

Amostragem e mapa do potencial reprodutivo de *Diceraeus melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) no Paraná / Luciano Mendes de Oliveira. - Londrina, 2024.
111 f. : il.

Orientador: Ayres de Oliveira Menezes Júnior.

Coorientador: Humberto Godoy Androcioli.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Zea mays - Tese. 2. Percevejo-barriga-verde - Tese. 3. Planos de amostragem - Tese. 4. Número de gerações - Tese. 1. Menezes Júnior, Ayres de Oliveira. II. Androcioli, Humberto Godoy. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

LUCIANO MENDES DE OLIVEIRA

**AMOSTRAGEM E MAPA DO POTENCIAL REPRODUTIVO
DE *Diceraeus melacanthus*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) NO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Curso de Doutorado da Universidade Estadual de Londrina, área de concentração em Entomologia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ayres de Oliveira
Menezes Júnior
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Adeney de Freitas Bueno
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina - UEL

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

Dr. Samuel Roggia
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Londrina, 22 de fevereiro de 2024.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Flávia Luciana de Oliveira pelo amor, paciência, atenção e inspiração que sempre me motiva.

Ao meu pai Dirley Mendes de Oliveira pela atenção, paciência e amizade.

À minha noiva e melhor amiga Regina Mayumi Zandonade pelo amor, atenção, inspiração e profissionalismo.

Ao meu melhor amigo Bruce por estar sempre comigo e disposto.

Aos meus amigos e familiares que me motivaram sempre a continuar em busca dos meus sonhos.

Ao Professor Dr. Ayres de Oliveira Menezes Júnior pela orientação e amizade desde 2012, também pela paciência e auxílio que sempre prestou.

Aos Professores Dr. Maurício Ursi Ventura, Dr. Amarildo Pasini e Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca pela inspiração, amizade e orientações.

Ao Dr. Rodolfo Bianco pela orientação, amizade e profissionalismo.

Ao Dr. Humberto Godoy Androcioli que sempre me orientou e pela grande amizade.

Ao Dr. Adriano Thibes Hoshino pela amizade, orientação e paciência.

À Dra. Juliana Sawada Buratto pela amizade, orientação e profissionalismo.

Ao Adevanir Martins dos Santos, ao Pedro Grassi e ao Márcio Vasconcelos Nunes por toda assistência prestada durante o desempenho deste e de outros trabalhos, também pela amizade e profissionalismo.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001”

OLIVEIRA, Luciano Mendes de. **Amostragem e mapa do potencial reprodutivo de *Diceraeus melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) no Paraná.** 2024. 112 f. Tese apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Curso de Doutorado da Universidade Estadual de Londrina, área de concentração em Entomologia, Londrina, 2024.

RESUMO

O percevejo-barriga-verde *Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) se destaca como praga sugadora do milho (*Zea mays* L.), devido ao seu hábito de se alimentar de plântulas, resultando em distúrbios fisiológicos, que podem levar à sua morte. Conhecer o padrão de disposição, identificar o tamanho de unidade amostral e o número de amostras necessárias para estimar a densidade populacional do percevejo, são pré-requisitos para poder construir planos de amostragem com manejo mais ecológico e financeiramente viável. Portanto, este trabalho objetivou determinar o padrão de disposição do percevejo-barriga-verde e estabelecer planos de amostragem, visando praticidade e aplicabilidade no campo. No artigo (A), o padrão de disposição e tamanho amostral ideal de *D. melacanthus* foram avaliados em um campo experimental do Instituto Rural do Paraná IAPAR-EMATER e para o ensaio dos planos de amostragens foi desenvolvido com dados coletados em nove propriedades rurais de seis municípios do norte do Paraná. Quatro planos de amostragem foram desenvolvidos. O percevejo *D. melacanthus* apresenta disposição agregada que pode ser representada por uma distribuição binomial negativa na cultura do milho. O tamanho da unidade amostral ideal para o percevejo-barriga-verde, no período de pré-semeio do milho até a fase fenológica V4 do milho, é de 0,25 m². O plano amostral sequencial construído com a distribuição binomial negativa, recomenda no máximo 65 pontos amostrais de 0,25 m² e no mínimo 30 amostras contando-se seis percevejos (0,2 percevejo por 0,25 m²) para tomar a decisão de controle. O plano amostral binomial positivo de presença-ausência recomenda no máximo 60 pontos amostrais de 0,25 m² e no mínimo 25 pontos amostrais somando seis presenças (0,24 presenças por 0,25 m²) para tomar a decisão de controle, se mostrando o mais aplicável a campo. O plano amostral sequencial enumerativo recomenda no máximo 50 pontos amostrais de 0,25 m e no mínimo 20 pontos amostrais contando-se sete percevejos barriga-verde para recomendar o controle. O plano amostral sequencial construído a partir da Lei de Potência de Taylor, mesmo a um nível de 80 % de precisão, exige grande número de amostras, portanto seria pouco viável. Também, objetivou-se determinar a temperatura base inferior (T_b) e superior (T_{sup}) de crescimento, a constante térmica (K) e calcular o número de gerações anuais do percevejo-barriga-verde no estado do Paraná. No artigo (B), os dados utilizados são oriundos de artigo científico, publicado em 2019, sobre a biologia do percevejo-barriga-verde. As T_b e T_{sup} de *D. melacanthus* são de 14,2 e 32,7 °C, respectivamente, e a constante térmica é de 341 grau dias. A zona ótima de desenvolvimento do percevejo *D. melacanthus* está entre 18 e 27 °C. As regiões norte, noroeste e oeste do estado do Paraná, são as regiões com maior número potencial de gerações anuais do percevejo-barriga-verde. O número de gerações anuais do percevejo pode subsidiar decisões de manejo no cultivo do milho e identificar regiões do Paraná com maiores riscos de dano desta praga.

Palavras-chave: *Zea mays*; Percevejo-barriga-verde; Presença-ausência; Planos de amostragem; Número de gerações.

OLIVEIRA, Luciano Mendes de. *Diceraeus melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) **sampling and reproductive potential in the state of Paraná**. 2024. 112 p. Thesis presented to the Post-Graduate Program in Agronomy - Doctoral Course at the Universidade Estadual de Londrina, area of concentration in Entomology, Londrina, 2024.

ABSTRACT

Diceraeus melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) stands out as a sucking maize pest (*Zea mays* L.), due to its habit of feeding on seedlings, resulting in physiological disorders, which can lead to their death. Knowing the layout pattern, recommending a sampling unit size and the number of samples needed to estimate the stink bug population density are prerequisites for sampling plans striving for a more ecological and financially viable management. Therefore, this work aimed to determine the disposition pattern of the green-belly stink bug and establish sampling plans, aiming for practicality and applicability in the field. In article (A), assessments were carried out in an experimental field at the Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER and in nine rural properties in six municipalities in northern Paraná State. Four sampling plans were developed. The stink bug *D. melacanthus* has an aggregated disposition that can be represented by a negative binomial distribution in maize fields. The ideal sampling unit size for the green-belly stink bug, in the maize pre-sowing period until the V4 phenological phase, is 0.25 m². The sequential sampling plan constructed following the negative binomial distribution recommends a maximum of 65 sampling points of 0.25 m² and a minimum of 30 samples counting six bedbugs (0.2 bedbugs per 0.25 m²) to make the control decision. The presence-absence positive binomial sampling plan recommends a maximum of 60 sampling points of 0.25 m² and a minimum of 25 sampling points totaling six presences (0.24 presences per 0.25 m²) to make the control decision. The enumerative sequential sampling plan recommends a maximum of 50 sampling points of 0.25 m and a minimum of 20 sampling points counting seven green-belly bugs to recommend control. The sequential sampling plan based on Taylor's Power Law, even with a level of 80% accuracy, still requires a great amount of samples, thus it becomes an unviable alternative. This study also objectified to determine the base lower (T_b) and upper (T_{sup}) growth temperature, the thermal constant (K) and calculate the number of potential annual generations of the green-belly stink bug in the Paraná State. In article (B), the data used comes from a scientific article, published in 2019, which determined the green-belly stink bug biology. The T_b and T_{sup} of *D. melacanthus* are 14.2 and 32.7 °C, respectively, and the thermal constant is 341 degree days. The optimum development zone for the stink bug *D. melacanthus* is between 18 and 27 °C. The multiple linear regression to determine the potential number of *D. melacanthus* generations can be used in any region of the Paraná State. The north, northwest and west regions of the Paraná State present the highest number of annual generations of the green-belly stink bug. Maize cultivation in the state of Paraná can consider the number of annual generations of the stink bug to determine risk. The green-belly stink bug potential annual generations could subsidize management decisions during maize cultivation and identify regions in the Paraná State with greater crop damage risks from this pest.

Key-words: *Zea mays*; Green-belly stink bug; Presence-absence; Sampling plans; Number of generations.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** — Parcela experimental indicando os quadrantes a serem avaliados, com suas respectivas subdivisões. Londrina, IDR-Paraná, 2023..... 36
- Figura 2** — Modificação da área avaliada de cada quadrante, tamanho original (A) e modificada (B). Londrina, IDR – Paraná, 2023..... 37
- Figura 3** — Representação de *Diceraeus melacanthus* contados durante a amostragem a campo (n = 400 percevejos por parcela) em cinco quadrantes subdivididos em 16 partes iguais (unidade = 0,0625m²). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023..... 51
- Figura 4** — Razão entre os índices de Morisita em relação ao tamanho amostral de taxa alta, média e baixa de agregação e soma total para amostragem de *Diceraeus melacanthus*. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 54
- Figura 5** — Representação dos índices de Morisita ($I\bar{d}$) para cinco tamanhos de unidades amostrais n, 2n, 4n, 8n e 16n (n = 0,0625 m²) em três parcelas cada representando uma agregação alta, média ou baixa, e a soma total, com a linha de unidade (1) representado o padrão para determinação das disposições aleatória ($I\bar{d} = 1$), normal ($I\bar{d} < 1$) e agregada ($I\bar{d} > 1$). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023..... 55
- Figura 6** — Regressão exponencial negativa da proporção de amostra infestada (Pai) com a média de *Diceraeus melacanthus* por amostra (A). Modelo empírico de Nyrop Binns (1992) para calcular o coeficiente Z e corrigir o nível de controle (m') pela proporção de amostra infestada (B). Londrina, IDR-Paraná, 2023 62
- Figura 7** — Plano de amostragem sequencial construída com a distribuição binomial negativa, sendo a hipótese alternativa (H1) de aceitar a necessidade de controle, hipótese nula (H0) de rejeitar necessidade de controle, linha de decisão de controle (S1) e linha de decisão de não controlar (S0) para *Diceraeus melacanthus* em milho. Londrina, IDR-Paraná, 2023..... 63

Figura 8 — Curva operacional de probabilidade para aceitar a hipótese nula (COp) (A) e número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (B) para o plano de amostragem confeccionado com padrão de distribuição binomial negativo. Londrina, IDR-Paraná, 2023.....	66
Figura 9 — Plano de amostragem sequencial de presença-ausência construída com a distribuição binomial positiva, sendo a hipótese alternativa (H1) de aceitar a necessidade de controle, hipótese nula (H0) de rejeitar necessidade de controle, linha de decisão de controle (S1) e linha de decisão de não controlar (S0) para <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho. Londrina, IDR-Paraná, 2023	67
Figura 10 – Curva operacional de probabilidade (COp) (A) e número médio de amostras (B), para aceitar a hipótese nula do plano de amostragem feito com distribuição binomial positiva de presença-ausência. Londrina, IDR-Paraná, 2023	70
Figura 11 – Plano de amostragem sequencial enumerativo, sendo a hipótese alternativa (H1) de aceitar a necessidade de controle, hipótese nula (H0) de rejeitar necessidade de controle, linha de decisão de controle (S1) e linha de decisão de não controlar (S0) para <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho. Londrina, IDR-Paraná, 2023.....	71
Figura 12 – Curva operacional para aceitar a hipótese nula (COp) (A) e número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (B) para o plano de amostragem sequencial enumerativo. Londrina, IDR-Paraná, 2023.....	73
Figura 13 – Regressão da Lei de Potência de Taylor construída com amostras retiradas em seis municípios do norte do Paraná, totalizando 117 avaliações compostas por 20 pontos amostrais cada. Londrina, IDR- Paraná, 2023.....	74
Figura 14 – Plano de amostragem baseado na Lei de Potência de Taylor ($a = 5,2392$ e $b = 1,4665$) considerando nível constante de precisão de 20 %. Londrina, IDR-Paraná, 2023.....	75
Figura 15 – Método do retângulo para o cálculo de graus-dia (De Melo, Tenente e de Oliveira (2006)	84

Figura 16 – Regressão para determinar a temperatura base inferior de crescimento do desenvolvimento total (ovo-adulto) do <i>Diceraeus melacanthus</i> obtida com dados de 2017. Londrina, IDR-Paraná, 2023.....	86
Figura 17 – Regressão para determinar a temperatura base inferior de crescimento do desenvolvimento total (ovo-adulto) do <i>Diceraeus melacanthus</i> obtida com dados de 2019. Londrina, IDR-Paraná, 2023.....	87
Figura 18 – Mapa de calor representando o potencial de gerações anuais de <i>Diceraeus melacanthus</i> no estado do Paraná, temperatura base inferior de crescimento (T_b), temperatura base superior de crescimento (T_{sup}) e constante térmica (K) feito a partir da média de graus-dia acumulado calculado utilizando dois anos de criação, 2017 e 2019 (de Oliveira et al., 2019). Os municípios do litoral não apresentam importância agrícola na produção de milho. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023	93
Figura 18 – Precipitação no estado do Paraná durante o mês de março. Fonte: Nitsche et al., 2019	94
Figura 19 – Precipitação no estado do Paraná durante o mês de outubro. Fonte: Nitsche et al., 2019	95
Figura 20 – Gráfico da área cultivada e plantio do milho segunda safra (SEAB/DERAL). Fonte: SEAB/DERAL — Condições de Tempo e Cultivo (29 de janeiro de 2024).....	96
Anexo 1 — Representação esquemática dos padrões de distribuições teóricas obtidos pela comparação de índices de Morisita ($I\delta$) para diferentes tamanhos de quadrantes amostrais (Morisita, 1959)	108
Anexo 2 — Região amostrada, data da amostragem e contagem de <i>D. melacanthus</i> amostrados em 80 amostras divididas em quatro talhões de 20	109

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Correção do nível de controle (NC) de *Diceraeus melacanthus* para a unidades de amostra (UA) de 0,25 m² e correção do nível de controle (m') perante a proporção de amostra infestada (Pai) utilizado na construção dos planos de amostragem com distribuição binomial negativa e positiva de presença-ausência. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 45
- Tabela 2** – Índices de Morisita (I_δ) e razão entre estes índices para populações de *Diceraeus melacanthus* (n = número de amostras) (x = indivíduos amostrados). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 53
- Tabela 3** – Cálculo da precisão relativa líquida (PRL) em relação ao custo relativo líquido (CRL) e variação relativa (VR) para determinar o tamanho ideal de amostragem para *Diceraeus melacanthus*. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 56
- Tabela 4** – Teste de afastamento da aleatoriedade de Qui-Quadrado (X²) para índices de dispersão (S²/□) do tamanho de amostra de 0,25 m², com número de amostras (N) e dados recolhidos de três parcelas e do total das parcelas. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 57
- Tabela 5** – Teste de afastamento da aleatoriedade de Qui-Quadrado (X²) para índices de Morisita (I_δ) do tamanho de amostra de 0,25 m², com número de amostras (N) e dados recolhidos de três parcelas e do total das parcelas. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 57
- Tabela 6** – Cálculo do número de amostras utilizando o parâmetro de distribuição da binomial negativa (k) e considerando o erro padrão de 5, 10 e 20 % para amostragem do *Diceraeus melacanthus* com unidade amostral de 0,25 m². Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023 58
- Tabela 7** – Teste de Qui-Quadrado (X²) (α = 0,05) e coeficiente U de aderência a uma distribuição binomial negativa, FO = frequência observada e FE = frequência esperada com grau de liberdade (GL) = 13 composto por frequências obtidas de 2480 amostras

	em nove propriedades rurais do norte do Paraná. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	60
Tabela 8 –	Plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial construído segundo a distribuição binomial negativa, com limite superior (m_1) e inferior (m_0) de nível de controle para <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho, sendo a hipótese nula (H_0) de não necessidade de controle. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	65
Tabela 9 –	Plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial de presença-ausência com limite superior (m_1) e inferior (m_0) de nível de controle para <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho, sendo a hipótese nula (H_0) de não necessidade de controle. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023	69
Tabela 10 –	Plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial enumerativo com limite superior (m_1) e inferior (m_0) de nível de controle para <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho, sendo a hipótese nula (H_0) de não necessidade de controle. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	72
Tabela 11 –	Tempo para eclosão, troca de cada instar e total do desenvolvimento de <i>Diceraeus melacanthus</i>	81
Tabela 12 –	Padrões biológicos de constante térmica (K), temperatura base inferior (T_b), temperatura base superior (T_{sup}), limite superior (LS) e inferior (LI) da temperatura ótima de crescimento, para <i>Diceraeus melacanthus</i> , calculados usando dados de criação de 2017 e 2019. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	88
Tabela 13 –	Média de graus-dia acumulado (MGDA) de <i>Diceraeus melacanthus</i> composto pela média anual de 39 anos de dados climáticos de 28 municípios do estado do Paraná calculado com padrões biológicos obtidos de dois anos de criação. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	89
Tabela 14 –	Número médio de gerações anuais (NMGA) de <i>Diceraeus melacanthus</i> calculada e estimada por regressão linear múltipla para 28 municípios do estado do Paraná. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	90

Tabela 15 — Principais municípios produtores de milho no estado do Paraná durante as duas principais safras do estado na safra 2021/22, dados obtidos do SEAB/DEAL (2023). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.....	92
Anexo 3 — Média (\bar{x}), variância (S^2) e índice de disposição (ID) de avaliações compostas por 80 pontos amostrais, subdivididos em quatro talhões de 20 amostras, coletados em nove propriedades rurais no norte do Paraná.....	111
Anexo 4 — Coeficientes linear superior e inferior (H_1 e H_0) para planos de amostragem com distribuição binomial negativa ($k = 0,498$) (A), binomial positiva (B) e sequencial enumerativa (C) com variados níveis de controle (NC) de <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho, corrigidos para o tamanho amostral de 0,25 m ² (NC') e perante número de proporção de amostras infestadas ('m). Londrina, IDR-Paraná, 2023	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMATER	Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
COp	Curva Operacional de Probabilidade de Aceitar a Hipótese Nula
DERAL	Departamento de Economia Rural
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IDR-Paraná	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER
GD	Graus-dia
GDA	Graus-dia acumulado
MGDA	Média de graus-dia acumulado
NGA	Número de gerações anuais
NMA	Número médio de amostras para aceitar a Hipótese Nula
NMGA	Número médio de gerações anuais
Pai	Proporção de amostras infestada
PR	Estado do Paraná
SAEB	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	19
1.1	Hipóteses gerais.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	A cultura do milho	21
2.1.1	Importância socioeconômica do milho.....	21
2.1.2	Cultivo no Brasil	22
2.1.3	Destinação do milho.....	22
2.1.4	Tecnologia na produção.....	23
2.2	Manejo fitossanitário	23
2.3	Biologia do <i>Diceraeus melacanthus</i>	24
2.2.1	Comportamento de <i>D. melacanthus</i>	25
2.2.2	Parasitismos do percevejo barriga-verde	25
2.4	Manejo Integrado de Pragas (MIP)	26
2.4.1	Histórico do MIP.....	26
2.4.2	Conceito do MIP.....	27
2.4.2.1	Amostragem	27
2.4.2.2	Planos de amostragem.....	28
2.4.3	Ecologia de Insetos	30
2.4.3.1	Adaptação ambientes.....	30
2.4.3.2	Padrões bióticos.....	31
3	ARTIGO A - PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO, TAMANHO DA UNIDADE AMOSTRAL E PLANO DE AMOSTRAGEM DE PERCEVEJO <i>Diceraeus melacanthus</i> EM MILHO	32
3.1	Resumo	32
3.2	Abstract	33
3.3	Introdução	34
3.4	Material e métodos	35
3.4.1	Determinar a distribuição espacial e tamanho de unidade amostral.....	35
3.4.1.1	Ambiente de estudo	35

3.4.1.2	Conceito de avaliação	35
3.4.1.3	Avaliações	36
3.4.1.4	Análise dos dados	37
3.4.1.5	Programas estatísticos utilizados	40
3.4.2	Construção dos planos de amostragem	40
3.4.2.1	Ambiente de estudo	40
3.4.2.2	Conceito de avaliação	41
3.4.2.3	Avaliações	42
3.4.2.4	Análise dos dados	42
3.4.2.5	Programas estatísticos utilizados	50
3.5	Resultados e discussão	50
3.6	Conclusões	75
4	ARTIGO B – GERAÇÕES ANUAIS POTENCIAIS DE <i>Diceraeus melacanthus</i> NO ESTADO DO PARANÁ	77
4.1	RESUMO	77
4.2	Abstract	78
4.3	Introdução	79
4.4	Material e métodos	80
4.4.1	Ambiente de estudo	80
4.4.2	Conceito de avaliação	80
4.4.3	Análise dos dados	82
4.4.4	Programas utilizados para os cálculos	85
4.5	Resultados e discussão	85
4.6	Conclusões	97
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
	ANEXOS	108
	ANEXO 1 – Representação esquemática dos padrões de distribuições teóricas obtidos pela comparação de índices de	

Morisita ($I\delta$) para diferentes tamanhos de quadrantes amostrais (Morisita, 1959)	108
ANEXO 2 – Região amostrada, data da amostragem e contagem de <i>D. melacanthus</i> amostrados em 80 amostras divididas em quatro talhões de 20.....	109
ANEXO 3 – Média (\bar{x}), variância (S^2) e índice de disposição (ID) de avaliações compostas por 80 pontos amostrais, subdivididos em quatro talhões de 20 amostras, coletados em nove propriedades rurais no norte do Paraná.....	111
ANEXO 4 – Coeficientes linear superior e inferior (H_1 e H_0) para planos de amostragem com distribuição binomial negativa ($k = 0,498$) (A), binomial positiva (B) e sequencial enumerativa (C) com variados níveis de controle (NC) de <i>Diceraeus melacanthus</i> em milho, corrigidos para o tamanho amostral de $0,25 \text{ m}^2$ (NC') e perante número de proporção de amostras infestadas ('m). Londrina, IDR-Paraná, 2023	112

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho *Zea mays* L. (1753) constitui um dos principais cereais cultivados no mundo, representando a principal fonte energética na ração animal, base alimentar de alguns países e fonte para produção de combustíveis renováveis (CONAB, 2024). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, aproximadamente 109 milhões de toneladas em 2022, ou seja, 9,4 % da produção mundial, seguido por EUA e China, que produziram 348 e 277 milhões de toneladas, respectivamente, estes três países representam 63 % da produção mundial (FAO, 2024).

A cultura do milho tem insetos de importância que atacam sua semente, e plantas durante estágios de crescimento vegetativo e maturação fisiológica (Valicente, 2015). Destaca-se o inseto sugador que se alimenta do colmo das plântulas, o percevejo-barriga-verde *Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae). Este inseto é uma das pragas-chaves para cultura de milho (Bianco e Nishimura, 1998), devido ao seu potencial de dano e capacidade de sobrevivência e reprodução em áreas de cultivo (Brustolin, Bianco e Neves, 2011).

Algumas estratégias de cultivo adotadas têm favorecido a permanência do percevejo-barriga-verde *D. melacanthus* nas lavouras. O sistema de plantio em sucessão de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], com milho ou trigo (*Triticum* sp.), traz como consequência a permanência do percevejo-barriga-verde nas lavouras, pois, a sua alimentação sob sementes secas de soja, caídas no solo, após a colheita fornece a manutenção de sua sobrevivência e reprodução (Brustolin, Bianco e Neves, 2011). A adoção sistemática pelos agricultores do sistema de cultivo seguindo o plantio direto, no sul e sudoeste do Brasil, também favoreceu a permanência deste percevejo, o qual é comumente encontrado em solo não perturbado, sob palhada e torrões, durante certos períodos do ano (Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004).

No estado do Paraná se cultiva soja, milho e trigo, em sistema de sucessão, durante o ano agrícola, sendo que diferentes regiões do estado se destacam por cultura produzida, com isso, *D. melacanthus* tem potencial alimentar por todas estas regiões produtivas do estado em diferentes épocas do ano (CONAB, 2020; SEAB/DERAL, 2023).

O estado do Paraná está situado numa região de transição entre clima

subtropical úmido com verões quentes (Cfa) e clima temperado úmido com verões amenos (Cfb), segundo a classificação de Köppen (Beck et al., 2018). Tal diferença climática permite o cultivo de culturas com diferentes necessidades climáticas de temperatura e precipitação em seu território (CONAB, 2020; SEAB/DERAL, 2023). Esta diferença climática também possivelmente afeta a distribuição de insetos no território do estado, seja pela impossibilidade de cultivar culturas específicas em uma região ou pela região apresentar temperaturas que não permitem que o inseto complete seu ciclo de desenvolvimento.

O percevejo-barriga-verde tem em média um ciclo de 27 dias quando criado a uma temperatura média de 25 °C (Pereira, Tonello e Salvadori, 2007). Esta duração de ciclo pode ser encurtada em temperaturas maiores ou aumentada em temperaturas menores, dentro de limites, chamados de temperatura base superior e inferior de crescimento. Não se conhece o potencial de multiplicação de *D. melacanthus* no estado, mas conhecer este potencial seria de grande importância para entender os aumentos populacionais em certas regiões produtivas e até a ausência desta espécie em algumas regiões do estado do Paraná (Régnière, St-Amant e Duval, 2012; Kistner, 2017; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Uma forma intuitiva de representar o número de gerações potenciais de um inseto é através de mapas de calor, os quais indicam regiões com maior e menor número de gerações potenciais (Merril et al., 2008; Régnière, St-Amant e Duval, 2012; Kistner, 2017; Gilioli et al., 2023; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Podem ser construídos utilizando registros de temperaturas históricas, e são específicos para latitude, longitude e altitude das regiões no mapa gerado.

Além disso, para um manejo adequado deste inseto também é necessário conhecer sua densidade populacional na lavoura. O emprego de diferentes técnicas de amostragem destaca-se por evitar aplicações desnecessárias de agroquímicos (Farias et al., 2001). O entendimento da disposição espacial dos insetos na lavoura possibilita a construção de técnicas de amostragens com maior precisão (Bianco, 1982).

A amostragem do percevejo-barriga-verde, atualmente consiste em contabilizar o número de indivíduos coletados, por batida de pano durante a safra da soja (Valicente, 2015) e através da inspeção visual no campo durante o cultivo do milho. Seu controle é realizado através do tratamento de sementes com inseticidas registradas para o milho (Brustolin, Bianco e Neves, 2011), com os seguintes

princípios ativos tiametoxam, clotianidina e imidacloprido com tiodicarbe (Fernandes, Avila e Silva, 2019). Sendo que em casos de alta densidade populacional de percevejo, ou seja, acima do nível de dano de 0,8 *D. melacanthus*.m⁻², é recomendado controle adicional além do tratamento de sementes (Bianco, 2017; Duarte, Àvila e Santos, 2015).

Portanto, este trabalho objetivou determinar o padrão de disposição de *D. melacanthus* e estabelecer planos de amostragem, visando praticidade e aplicabilidade no campo, também, determinar a temperatura base inferior (T_b) e superior (T_{sup}) de crescimento, a constante térmica (K) e calcular o número de gerações potenciais por ano do percevejo-barriga-verde no estado do Paraná.

1.1 HIPÓTESES GERAIS

O percevejo-barriga-verde apresenta uma disposição que pode ser representada por alguma distribuição teórica, seja normal, aleatória ou agregada.

Pode ser determinado um tamanho de unidade amostral que representa a densidade populacional de *D. melacanthus*.

Podem ser construídos planos de amostragem para o *D. melacanthus* utilizando tamanho amostral determinado, com potencial de aplicação em campo.

O percevejo-barriga-verde apresenta número variado de gerações potenciais por ano ao longo do estado do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO

2.1.1 Importância Socioeconômica do Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma Poaceae de origem provável do México, onde foi domesticada e houve diversas seleções e produções de raças há mais de 7000 anos atrás (Paterinani et al. 2000). Constituindo um dos principais cereais cultivados no mundo, pois representa a principal fonte energética na ração animal, base alimentar de alguns países e fonte para produção de combustíveis renováveis (CONAB, 2023). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, aproximadamente 109 milhões de toneladas em 2022, ou seja, 9,4 % da produção mundial, seguido por EUA e China, que produziram 348 e 277 milhões de toneladas, respectivamente, estes três países representam 63 % da produção mundial (FAO, 2024). No quesito de exportação o Brasil é o segundo maior exportador de milho,

representando 20,7 % de todo o milho exportado no mundo, seguido dos EUA que representaram 28% da exportação mundial (FAO, 2024).

2.1.2 Cultivo no Brasil

Na safra brasileira de 2023, até o mês de dezembro, foram destinados 21 milhões de hectares para o plantio de milho, representando aproximadamente 28 % da área total destinada ao cultivo no Brasil (CONAB, 2023). A produção total, das três safras, foi de aproximadamente 118 milhões de toneladas, sendo aproximadamente 91 milhões produzidos na segunda safra (CONAB, 2023). Os estados Mato Grosso, Paraná e Mato Grosso do Sul representaram a maior produção de milho, contribuindo com aproximadamente 45, 16 e 11 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2023).

A produção nacional do milho se caracteriza por uma divisão basicamente de três épocas de cultivo. Plantios em primeira safra, realizados durante os meses de outubro a novembro, e plantios em segunda safra realizados de fevereiro a março, em sequência ao cultivo de soja. Atualmente o milho de segunda safra tem maior significância, correspondendo na safra 2023 a 77,6% do milho cultivado no Brasil, o Paraná produzindo um total aproximado de 13,4 milhões de toneladas em uma área de 2,3 milhões hectares (CONAB, 2023).

2.1.3 Destinação do Milho

Da produção brasileira de 2023 em média 84 milhões de toneladas foram destinadas ao mercado interno, sendo 2,1 milhões de toneladas importadas, enquanto 38 milhões de toneladas foram destinadas à exportação, tal balanço, levando em conta o estoque inicial de 6 milhões de toneladas, resultou em um estoque final de 4,5 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

A versatilidade do milho é observada em sua utilização por indústrias para ração animal, setor alimentício, bebidas, biocombustíveis, cosmética, farmacêutica, setor de extração mineral, além do consumo humano in natura (Freitas et al, 2017). O milho que não é exportado, sua maior porcentagem é destinada ao consumo animal, na forma de rações (78,4%), seguido pela utilização industrial (13,8%), consumo humano (1,7%) e outros usos (6,1%) (ABIMILHO, 2020).

2.1.4 Tecnologia na produção

Nos últimos anos, a cultura do milho sofreu uma importante evolução tecnológica, com reflexos positivos na produtividade. Contribuíram decisivamente para essa evolução a modernização do sistema produtivo, a genética de alto potencial e a liberação comercial de organismos geneticamente modificados, a exemplo do milho Bt (*Bacillus thuringiensis*) (Garbuglio et al., 2018; Barreta et al., 2019; de Melo et al., 2019; Carneiro et al., 2009; Storer et al., 2012).

A maior parte dos cultivares de milho utilizados atualmente possuem alguma modificação biotecnológica para resistência a insetos e/ou tolerância a herbicidas (Garbuglio et al., 2018). Na safra 2019/2020, apenas 10% do milho plantado não possuía modificação biotecnológica (ABIMILHO, 2020).

O cultivo em sistema de plantio direto trouxe muitos benefícios à conservação do solo, como cobertura de palhada e prevenção de compactação e lixiviação (Cruz et al., 2001). Porém, a menor ou ausente movimentação do solo trouxe como consequência a permanência de certos insetos fitófagos na lavoura, por estar favorecendo sua sobrevivência, através da disponibilização de palhada como abrigo, e alimento a partir de detritos, remanescentes de colheita, os quais não são incorporados no solo (Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004; Brustolin, Bianco e Neves, 2011)

2.2 MANEJO FITOSSANITÁRIO

A cultura do milho apresenta pragas que atacam durante sua germinação, crescimento vegetativo e maturação fisiológica (Valicente, 2015). Na germinação e crescimento inicial da plântula destaca-se o inseto sugador que se alimenta do colmo das plântulas, o percevejo-barriga-verde *Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), considerado uma das pragas chaves para cultura de milho (Bianco e Nishimura, 1998) e do trigo (*Triticum aestivum* L.) (Chocorosqui & Panizzi, 2004; Manfredi-Coimbra et al., 2005), devido ao seu potencial de dano, e capacidade de sobrevivência e reprodução em áreas de cultivo (Brustolin, Bianco e Neves, 2011). Para o controle deste fitófago e de outros como a lagarta-roscas [*Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766)], larva-aramé [*Conoderus* spp. (Eschscholtz, 1829) e *Melanotus* spp. (Erichson, 1829)] e larva alfinete [*Diabrotica speciosa* (Germar, 1824)], recomenda-se o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos (Valicente, 2015; Brustolin, Bianco e Neves, 2011; Fernandes, Avila e Silva, 2019).

Recomenda-se que o tratamento de sementes seja feito pela quantidade de sementes e não seu peso (Bianco e Nishimura, 2000) Sendo que em casos de alta densidade populacional de percevejo, ou seja, acima do nível de dano de 0,8 *D. melacanthus*.m⁻², é recomendado controle adicional além do tratamento de sementes (Duarte, Àvila e Santos, 2015).

Existem três níveis de danos determinados para o percevejo-barriga-verde em milho, sendo o primeiro o anteriormente citado, o segundo de um percevejo por 10 plantas avaliadas na linha, como descrito pelo pesquisador do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER Dr. Rodolfo Bianco (dados não publicados), e de 3 percevejos por metro linear na fileira de plantas (Gomes et al., 2020). O nível de dano de 0,8 *D. melacanthus*.m⁻² foi determinado utilizando cultivares de milho que são suscetíveis ao percevejo, e por tanto é destacado (Duarte, Àvila e Santos, 2015). Também há uma escala de nota de dano causado pela alimentação do percevejo no milho, desenvolvida pelo pesquisador Dr. Rodolfo Bianco (Bianco, 2017), a qual pode representar em tempo real o nível de injúria da área produtiva.

O sistema de plantio em sucessão de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], milho e ou trigo traz como consequência a permanência de *D. melacanthus* nas lavouras (Smaniotto e Panizzi, 2015; Engel et al., 2017). A adoção sistemática pelos agricultores do sistema de cultivo de plantio direto no sul e sudoeste do Brasil, favorece a sobrevivência deste percevejo, o qual é comumente encontrado em solo não perturbado, sob detritos, durante certos períodos do ano (Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004). A manutenção de sua sobrevivência e reprodução se deve à alimentação sob sementes secas de soja caídas no solo após a colheita (Brustolin, Bianco e Neves, 2011), também sobre plantas espontâneas distribuídas na área além de plântulas de soja tiguera que germinam destas sementes caídas no solo.

2.3 BIOLOGIA DO *Diceraeus melacanthus*

Segundo Pereira, Tonello e Salvadori (2007), o ciclo de *D. melacanthus* dura em média cerca de 27 dias, sendo os ovos de formato ovoide com coloração verde-clara e conforme amadurecem vão escurecendo para uma cor marrom e adquirindo duas manchas redondas escuras. As cinco fases ninfais possuem um corpo oval-arredondado e coloração marrom-acinzentada na região dorsal e verde no abdômen, com 2 mm de tamanho no primeiro instar até 7 mm no quinto instar (Pereira, Tonello e Salvadori, 2007).

Os adultos possuem um corpo em forma de losango, com coloração castanha na face dorsal, e esverdeada na face ventral, sua cabeça possui jugas agudas bifurcadas, com ângulos umerais na forma de espinho (Pereira, Tonello e Salvadori, 2007).

Foi verificado que a temperatura teve uma influência sobre o tempo de desenvolvimento, fecundidade de fêmeas e viabilidade dos ovos de *D. melacanthus*, sendo que as temperaturas maiores que 31 °C e menores que 21 °C prejudicaram o seu desenvolvimento (Oliveira et al., 2019).

A maior longevidade, peso de adultos, fecundidade e viabilidade de ovos do percevejo, criados em condições de laboratório, foram encontrados na mistura de grãos de soja umedecidos, plântulas de milho e plantas de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) (Queiroz, 2020).

2.3.1 Comportamento de *D. melacanthus*

Ao se alimentar de plântulas de milho, o percevejo-barriga-verde se posiciona com a cabeça voltada para baixo, e através de seu aparelho bucal sugador, se alimenta dos vasos do xilema e tecido parenquimatoso (Panizzi e Lucini, 2019).

Segundo Chocorosqui (2001), os ovos do percevejo-barriga-verde são difíceis de encontrar, devido à sua preferência por ovipositar sob a palhada. Carvalho (2007), relatou que encontrou ovos somente durante alguns meses no campo durante a sua avaliação, encontrou em setembro e outubro, porém, foi encontrado novamente, somente depois de janeiro.

2.3.2 Parasitismos do percevejo-barriga-verde

O percevejo-barriga-verde apresenta inúmeros inimigos naturais, sendo os parasitoides da família Scelionidae (Hymenoptera) e da família Tachinidae (Diptera), os observados com maior frequência. É importante conhecer o número de indivíduos parasitados, pois isso impacta na necessidade de manejo desta praga na lavoura (Corrêa-Ferreira et al., 2008).

Os parasitoides com maior frequência sob ovos de *D. melacanthus*, são o *Telenomus podisi*, *Trissolcus basal*, *Trissolcus urichi*, *Trissolcus brochymenae*, *Tissolcus teretis*, *Neorileya* sp., *Ooencyrtus* sp. e *Anastatus* sp (Panizzi; Zerbino, 2019). Segundo Panizzi e Zerbino (2019) os principais parasitoides de adultos de *D. melacanthus*, da ordem Diptera, família de Tachinidae, são as espécies *Cylindromyia*

brasiliana e *Trichopoda pennipes*, porém, existe uma diferença de parasitoides entre as espécies de *Diceraeus*, sendo que para o *D. furcatus*, há um maior parasitismo pelas espécies *Cylindromyia* sp., *Gymnoclytia* sp., *Phasia* sp. e *Ectophasiopsis gradata*.

Segundo Agostinetto, Panizzi e Lucini (2018), a taxa de parasitismo de Tachinidae sobre o *Diceraeus furcatus* teve uma variação drástica, em relação ao período de avaliação e à presença de plantas cultivadas na lavoura em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, sendo que, durante o período de março e entre setembro e novembro, períodos mais quentes, houve uma variação de 12 a 59 % do total dos percevejos parasitados, e de 2,5 a 7 % nos períodos de abril a agosto, época mais fria, sendo os principais gêneros de parasitoides encontrados o *Ectophasiopsis* spp. *Cylindromyia* spp. e *Gymnoclytia* sp.

Laumann et al. (2010) estudaram a preferência de vespas da família Platigastridae (antigo Scelionidae) entre ovos de *D. melacanthus* e *Euschistus heros*, sendo que, os parasitoides *Telenomus podisi*, *Trissolcus basal*, *Trissolcus urichi*, *Trissolcus teretis* e *Trissolcus brochymenae*, foram os únicos que demonstraram capacidade de se desenvolver em ovos de *D. melacanthus*.

2.4 MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP)

2.4.1 Histórico do MIP

O manejo integrado de pragas teve sua fundamentação nos meados de 1959, sendo que Stern et al. Propuseram uma forma objetiva da utilização do controle integrado de pragas (Stern et al., 1959). Atualmente está base passa por modificações, readequando-a para o cenário atual de agricultura. Para Waquil (2002), pela grande incorporação de controles naturais no MIP, este deveria ser reconhecido com manejo ecológico de pragas. Assim como retratado por Rayl et al. (2018), que indica alternativas de controle, através de um serviço ecossistêmico (ES), constituído por controle biológico conservativo (CBC).

Para Zalucki; Adamson; Furlong (2009), o maior problema da implementação tática do MIP era a baixa exploração do serviço ecossistêmico, ou seja, os inimigos naturais não estavam sendo utilizados em seu potencial, para evitar riscos atuais ou futuros de crescimento populacional das pragas. Hoje em dia, o controle biológico é uma das estratégias para o manejo mais exploradas no plantio de cana, citros e graníferos, através da utilização de predadores, parasitas e patógenos

(PROMIP, 2020).

2.4.2 Conceito do MIP

O conceito de MIP refere-se à integração de diferentes técnicas para o controle de pragas, utilizando inseticidas, controle biológico, feromônios, manipulação genética de pragas, utilizar genótipos resistentes e manipulação do ambiente, entre outros (PROMIP, 2020). Mas para utilizar estas técnicas devem ser conhecidos os seguintes parâmetros: a mortalidade natural; o nível de controle e nível de dano econômico; realizar amostragens; conhecer a taxonomia e ecologia dos insetos (Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004; Brustolin, Bianco e Neves, 2011). Estes parâmetros determinam a necessidade de controle da praga e garantem que o controle utilizado seja eficiente.

2.4.2.1 Amostragem

Para a tomada de decisão de controle é essencial a amostragem e quantificação do número de indivíduos na lavoura (Bianco, 1995). Os métodos de amostragem convencionais, como contagem de percevejo em 10 plantas de milho em sequência (Bianco, 2005) e o plano de amostragem sequencial realizado durante a fase vegetativa do milho (Fernandes et al., 2022), possuem número ou tamanho de amostras fixos, para facilitar sua utilização pelos agricultores (Hoffman-Campo et al. 2000). Também, o emprego de diferentes técnicas de amostragem destaca-se por evitar aplicações desnecessárias, assim evitando um desequilíbrio do agrossistema e aumento do custo de produção (Farias et al., 2001).

O entendimento da disposição espacial dos insetos na lavoura possibilita a construção de técnicas de amostragens com maior precisão (Bianco, 1982). Para o cálculo da disposição espacial é comumente utilizado a lei de potência de Taylor, a qual é uma lei empírica, independente do padrão de distribuição da espécie, que relaciona a variância no número de indivíduos por unidade de área, com a média correspondente de uma relação com a lei de potência (Taylor, 1965). Também pode-se utilizar o índice de Morisita (1962), o qual possibilita a comparação de diferentes técnicas de amostragem, seja por tempo, tamanho amostral ou metodologia, sendo calculados índices para cada variante da técnica utilizada, então através da razão destes índices, pode-se determinar a variante da técnica de amostragem que melhor representa a distribuição daquela população amostrada.

Habitualmente, espécies podem se distribuir em três padrões espaciais, sendo o padrão regular aquele em que a população se distribui uniformemente pela área, o padrão aleatório aquele em que representa uma probabilidade padrão de um indivíduo ocupar qualquer ponto no espaço, e o padrão contagioso ou agregado, no qual, a população de insetos se encontra distribuída em focos de agregações (Southwood e Henderson, 2009).

Cada distribuição pode ser descrita e estimada por padrões pré-estabelecidos, o padrão regular pode ser representado por uma distribuição binomial positiva, já o padrão aleatório é comumente representado por uma distribuição Poisson, e a distribuição contagiosa ou agregada por ser representada por uma distribuição binomial negativa (Southwood e Henderson, 2009). Sendo possível construir planos de amostragem seguindo tais padrões de distribuição, estes geralmente são sequenciais e enumerativos, porém existe também o plano de amostragem presença-ausência, no qual não é necessária a contagem de todos os indivíduos, mas sim constatar a presença de indivíduos na unidade de amostra estabelecida, que pode conter um ou mais insetos.

Considerando-se os aspectos ecológicos, o tamanho ótimo da unidade de amostra é aquele que coincide com o tamanho médio do agregado: isso é verdadeiro se a disposição dos indivíduos for agregada. No entanto, se o arranjo for aleatório, o tamanho da unidade de amostragem não é relevante e seria selecionado com base em aspectos práticos e econômicos (Kershaw, 1964, 1974; Elliott, 1979).

Por outro lado, pelo aspecto prático, às vezes verifica-se que o tamanho ótimo que representa o agregado não é economicamente viável para ser aplicado em amostragem extensiva. O que é recomendado nestes casos é combinar o número de amostras de tal dimensão, o que resulta no mesmo produto entre a variância do custo de 1 amostra (Morris, 1960), ou entre o erro padrão da média e o custo, conforme indicado por Wiegert (1962).

Segundo Elliott (1979), é preferível colher um número maior de amostras de tamanho pequeno do que poucas grandes, o que deve sempre atender aos requisitos estatísticos (erro aceitável) e práticos (menor custo).

2.4.2.2 Planos de amostragem

Planos de amostragem podem servir para diferentes propósitos, tais como estimação, constatação de organismos e tomada de decisão de programas de manejo

integrado de pragas (MIP), a estimação tem maior utilidade para fins de pesquisa, mas pode ser utilizado para conferir efetividade e aplicação a um plano de MIP, o plano com fim de constatar a presença de organismos pode ser utilizado para monitoramento e aplicações regulamentarias, por último, o plano de amostragem de tomada de decisão o qual leva em conta limites de níveis de controle para avaliar a necessidade de manejo da espécie amostrada (Moon et al., 2009).

O nível de controle do inseto estudado nem sempre é na mesma unidade de tamanho que a unidade de amostra utilizada. Neste caso, é necessário adaptar tal nível para adequadamente construir planos de amostragem. Para a construção de planos de amostragem a partir de unidades de amostra com tamanho delimitado, é importante estabelecer a relação de proporção de amostras infestas com a média de insetos amostrados, a regressão da qual geralmente não é linear. Nyrop e Binns (1992), demonstraram que através de uma transformação, utilizando logaritmo neperiano, da proporção de amostras não infestadas, pode-se corrigir os valores considerados como limites de controle, para se adequar com a relação de proporção de amostras infestadas e média de insetos amostrados, gerando uma regressão linear simples, por fim, este modelo empírico possibilita a adequação dos limites de controle para o tamanho amostral selecionado.

O plano de amostragem binomial é basicamente composto pela união entre as contagens e as proporções observadas, utilizando termos matemáticos, o que resulta na interpretação de proporção de unidades amostrais infestadas, como densidade de espécie por unidade amostral, sendo a densidade por unidade amostral essencial para tomada de decisão em planos de MIP (Binns, Nyrop e Van der Werf, 2000).

A construção de técnicas de amostragens binomial positiva (presença-ausência) traz como benefício um menor tempo de avaliação e maior facilidade de avaliação (Bechinski e Stoltz, 1985). Além de possibilitar uma tomada de decisão em cima de resultados estatísticos (Bianco, 1995).

Vários trabalhos concluem que a distribuição de percevejos pode ser representada por modelo de distribuição binomial negativa, como a pesquisa de Aita et al. (2021), os quais desenvolveram oito planos de amostragem binomial negativa, para 17 espécies de pentatomídeos, utilizando passada de rede como unidade de amostra, sendo que os planos de amostragem diferiram entre si perante o nível de erro aceitável. Um plano de amostragem sequencial binomial negativo foi

desenvolvido para levantamento da densidade populacional de *D. melacanthus* no milho durante a sua fase vegetativa, sendo que, uma densidade de dois percevejos em três unidades de amostras (cinco plantas cada) é o mínimo para decidir entre controle ou não da praga (Fernandes et al., 2022). Um avanço importante para garantir amostragem e controle eficiente desta praga no milho, porém, planos de amostragem que contemplam o período entre a pós-colheita da soja e estágio fenológico V4 do milho também são necessários, pois contemplam o período em que esta espécie apresenta maior população que pode oferecer risco à cultura, especialmente aqueles que amostram a palhada, local onde se encontra o inseto frequentemente.

2.4.3 Ecologia de Insetos

2.4.3.1 Adaptação a ambientes

Os insetos são considerados o maior grupo de organismos da face da terra, com destaque para sua diversidade de espécies e funções ecológicas exercidas (Wilson, 1992). Dentre este grupo de organismo enquadra-se os insetos herbívoros, os quais podem ser considerados pragas agrícolas se vierem a causar danos e prejuízos a culturas de importância agrônômica. Conhecer a ecologia e biologia dos insetos que são considerados pragas é essencial para subsidiar manejos com maior eficiência. Fatores abióticos como a temperatura, disponibilidade hídrica e fotoperíodo podem afetar diretamente o desempenho, viabilidade e qualidade do desenvolvimento de insetos (Hardie, 2001). Esta sensibilidade do inseto se deve às altas taxas de área específica por volume que estes apresentam (Schowalter, 2011). Insetos assim como outros invertebrados são heterotérmicos, ou seja, sua temperatura corporal depende da temperatura do seu ambiente, sendo que a taxa metabólica geralmente oscila em conformidade com a temperatura (Showalter, 2011).

A disposição de insetos em um ambiente é dependente da disponibilidade de alimento. Vários insetos herbívoros são considerados pragas no estado do Paraná devido à grande diversidade de culturas cultivadas no estado, destacando-se as culturas graníferas como soja, milho e trigo (SEAB/DERAL, 2023). Para estas três culturas, destaca-se o percevejo-barriga-verde *D. melacanthus*, um Pentatomidae polífago, o qual se alimenta das três culturas com potencial de danificar e pode levar até a morte de plântulas de milho. A biologia do percevejo-barriga-verde é bem conhecida (Chocorosqui, 2001; de Oliveira et al., 2019). Porém sua distribuição pelo estado do Paraná é especulativa, baseada na capacidade de se dispersar devido ao

extenso território produtivo do estado, no qual, soja e milho são cultivados em sucessão na maioria das regiões (SEAB/DERAL, 2023). O estado do Paraná está numa região de transição entre clima subtropical e temperado, Cfa e Cfb, respectivamente, segundo Köppen. Esta dinâmica climática possivelmente afeta não só a distribuição de insetos, mas também a sobrevivência e tempo de desenvolvimento de insetos. Não há relatos de como esta dinâmica influencia o *D. melacanthus* em escala estatal.

2.4.3.2 Padrões bióticos

Para determinar a velocidade e viabilidade do desenvolvimento de insetos pode se estabelecer níveis padrões como temperatura base inferior (T_b), temperatura base superior (T_{sup}) e constante térmica (K) da espécie avaliada. Através destes dados pode-se calcular a quantidade de calor acumulado por dia (graus-dia) e por tempo específico (graus-dia acumulado) (De Melo, Tenente e de Oliveira, 2006). É importante ao calcular estes dados estabelecer o ponto ou data de início de contagem do acúmulo de graus-dia, este chamado de determinador biológico (“Biological fix”), o qual busca retratar o início de desenvolvimento da espécie estudada (Murray, 2008).

Conhecendo estes padrões da espécie estudada, pode-se calcular risco de disseminação, número de gerações potenciais por ano e o efeito climático sobre o desenvolvimento desta espécie (Merril et al., 2008; Régnière, St-Amant e Duval, 2012; Kistner, 2017; Gilioli et al., 2023; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Existem alguns mapas de calor de distribuição para Pentatomidae, como para o percevejo-marrom-marmoreado *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) para vários continentes e para o percevejo-marrom *Euschistus heros* no Brasil, referente a regiões que cultivam soja (Fraser, Kumar e Aguilar, 2017; Kistner, 2017; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Não há publicações de mapa de calor para o *D. melacanthus*, uma praga de grande importância agrícola no cultivo de milho, esta informação seria imprescindível para atingir estratégias de MIP mais ecológicas e financeiramente viáveis, além de permitir a classificação de regiões de maior risco, direcionando estratégias de manejo mais adequadas, segundo a situação.

3 ARTIGO A – PADRÃO DE DISPOSIÇÃO, TAMANHO DA UNIDADE AMOSTRAL E PLANOS DE AMOSTRAGEM DE *Diceraeus melacanthus* EM MILHO

3.1 RESUMO

Diceraeus melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) é uma praga chave do milho (*Zea mays* L.), alimentando-se de plântulas e causando distúrbios fisiológicos que podem levar à sua morte. Para gerenciar essa praga de forma eficaz e econômica, é fundamental entender sua distribuição populacional, recomendar o tamanho de unidade amostral e estabelecer planos de amostragem. Este estudo objetivou analisar o padrão de distribuição, recomendar um tamanho de unidade amostral e desenvolver planos de amostragem para *D. melacanthus* contemplando o período de pré-plantio do milho até o estágio V4 do milho. Avaliações foram conduzidas em um campo experimental do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER e em nove propriedades rurais de seis municípios do norte do Paraná. Comparando-se quadrantes de n , $2n$, $4n$, $8n$ e $16n$ ($n = 0,25 \times 0,25$ m), determinou-se que a disposição do percevejo é agregada e representada por uma distribuição binomial negativa, com um tamanho de unidade amostral recomendado de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5$ m). Foram desenvolvidos quatro planos de amostragem, destacando o plano sequencial de presença-ausência, que recomenda um máximo de 12 amostras compostas (60 pontos amostrais), e um mínimo de cinco amostras compostas (25 pontos amostrais) com pelo menos seis presenças para tomar decisões de controle. A amostragem de presença-ausência é favorecida devido ao seu baixo custo (tempo) e facilidade de implementação, não requerendo a contagem individual de insetos. Visando amostragens assertivas recomenda-se dividir a área avaliada em talhões com características distintas e aplicar este plano de amostragem em cada um destes.

Palavras-chave: Percevejo-barriga-verde, *Zea mays*, Disposição agregada, MIP, Presença-ausência

3.2 ABSTRACT

Diceraeus melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) is considered a key maize (*Zea mays* L.) pest, feeding on seedlings and causing physiological disorders that can lead to their death. To manage this pest effectively and economically, it is essential to understand its population distribution, recommend a sampling unit size and establish sampling plans. This study aimed to analyze the distribution pattern, recommend a sampling unit size and develop sampling plans for *D. melacanthus* covering maize pre-sow period up to the maize V4 stage. Assessments were carried out in an experimental field at the Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER and in nine rural properties in six municipalities in northern Paraná State. Comparing quadrants of n , $2n$, $4n$, $8n$ and $16n$ ($n = 0.25 \times 0.25$ m), it was determined that the stink bug's disposition is aggregated and represented by a negative binomial distribution, with a recommended sampling unit size of 0.25 m^2 (0.5×0.5 m). Four sampling plans were developed, highlighted is the sequential presence-absence plan, which recommends a maximum of 12 composite samples (60 sampling points), and a minimum of five composite samples (25 sampling points) with at least six presences to make control decisions. Presence-absence sampling is favored due to its low cost (time) and ease of implementation, not requiring individual insect counts. To strive for a more assertive sampling, it is recommended to divide the evaluated area into plots with distinct characteristics and apply this sampling plan to each of these.

Key-words: Green-belly stink bug, *Zea mays*, Contagious distribution, IPM, Presence-absence

3.3 INTRODUÇÃO

Para um controle satisfatório de insetos pragas é fundamental conhecer sua ecologia e hábito comportamental (Brustolin, Bianco e Neves, 2011; Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004). O percevejo-barriga-verde *Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) se destaca como praga sugadora do milho (*Zea mays*), devido ao seu hábito de se alimentar de plântulas, provocando distúrbios fisiológicos, e por permanecer na área de cultivo após a colheita da soja, também por se ocultar na palhada, o que dificulta seu controle químico (Bianco e Nishimura, 1998; Brustolin, Bianco e Neves, 2011).

O levantamento populacional deste inseto deve ser feito durante os primeiros estádios de desenvolvimento do milho e seu nível de controle determinado é de 0,8 percevejo por m² (Bianco, 2017; Duarte, Àvila e Santos, 2015). No entanto, realizar este levantamento é desafiador devido à abundância de palha deixada nas áreas de cultivo direto, bem como à persistência desses insetos mesmo após a colheita da soja, encontrando-se em grãos remanescentes no solo, plântulas de soja ou até mesmo em certas espécies de plantas espontâneas, o que favorece a manutenção dessas populações na região (Brustolin, Bianco e Neves, 2011; Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004; Engel et al., 2017; Smaniotto e Panizzi, 2015).

Conhecer o padrão de disposição da população e determinar o tamanho de unidade amostral e o número de amostras necessárias para estimar a densidade populacional da área, pode ser uma alternativa viável para se empregar um manejo mais ecologicamente e financeiramente viável, evitando tomada de decisão empíricas ou calendarizadas (Bianco, 1995).

Devido ao fato de *D. melacanthus* ter um hábito terrestre e se ocultar sob palhada e torrões do solo, realizar a contagem exata de insetos por área amostral pode se provar difícil e de grande consumo de tempo (Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004). Buscando precisão e economia de tempo, busca-se desenvolver um plano de amostragem por presença-ausência, no qual, não se conta cada inseto por amostra, mas sim se pelo menos um inseto está presente ou não na amostra (Bechinski e Stoltz, 1985).

Portanto, este trabalho visou determinar o padrão de disposição de *D. melacanthus*, determinar um tamanho de unidade amostral e estabelecer planos de

amostragem, visando praticidade, economicidade e aplicabilidade no campo.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Determinar a Distribuição Espacial e Tamanho de Unidade Amostral

3.4.1.1 Ambiente de estudo

Os estudos para identificar a distribuição de *D. melacanthus* foram realizados no município de Londrina-PR (23°21'56"S; 51°10'05"O; 580 metros de altitude), na estação experimental do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER (IDR-Paraná). A região é classificada, segundo Köppen, como subtropical úmida com verões quentes (Cfa), com precipitação média anual de 1608 mm e temperatura média anual de 21,1°C (Caviglione et al., 2000). O solo do local é classificado como Latossolo vermelho distroférico típico, com classe textural muito argiloso (Santos et al., 2018).

3.4.1.2 Conceito de avaliação

Foi selecionada uma área sem cultivo, porém com histórico de cultivo sucessivo de soja-milho e presença de plantas espontâneas dentro da estação experimental do IDR-Paraná. Nesta área foi demarcada três parcelas de 10 m x 10 m (100 m²), com 40 metros de distância entre o centro das parcelas. Não foi constatada a presença de *D. melacanthus* na área escolhida.

Dentro de cada parcela foram demarcados cinco quadrantes de 1,5 m x 1,5 m (2,25 m²), sendo uma em cada canto da parcela (periféricos) e uma em seu centro (Figura 3.1). Os quatro quadrantes periféricos foram construídos respeitando uma bordadura de dois metros em cada parcela. O centro de cada quadrante ficou a 4,5 m entre eles, e a 4,24 m do quadrante central. Cada um dos quadrantes avaliados foi novamente subdividido em 36 partes iguais, por meio de nove molduras de alumínio (0,5 m x 0,5 m), subdividida em quatro partes de 0,25 m x 0,25 m, no momento da amostragem (Figura 3.1). No centro de cada parcela de 100 m², foram soltos 400 *D. melacanthus* com uma semana de fase adulta, visando adultos sexualmente maduros, da criação própria de percevejos do IDR-Paraná em Londrina, Paraná. Para reduzir a movimentação dos insetos durante as avaliações foi realizada pulverização com o inseticida piretróide beta-ciflutrina (Turbo®), na dose de 20 g do ingrediente ativo/ha, em cada quadrante. As pulverizações foram realizadas sobre a primeira, segunda e terceira parcela a 24, 36 e 48 horas, respectivamente, após a soltura dos insetos,

sendo que as avaliações das parcelas foram realizadas no tempo, amostrando-as a 30, 42 e a 52 horas, nas respectivas parcelas, permitindo seis horas de ação do inseticida.

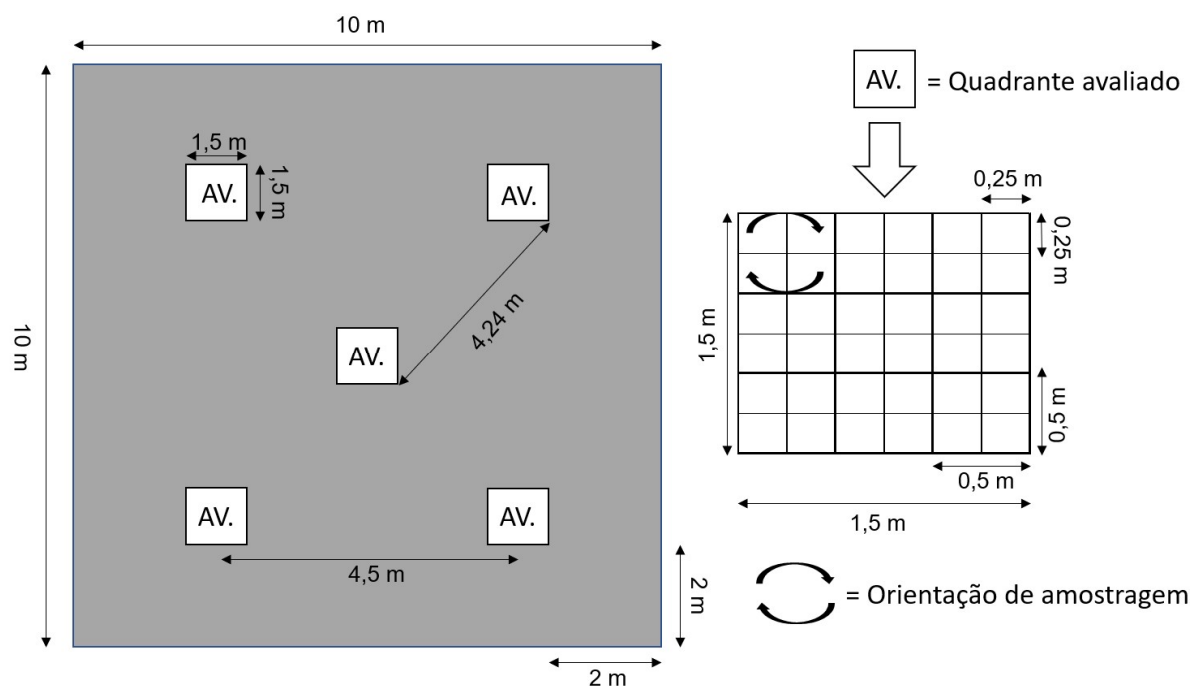


Figura 3.1. Parcela experimental indicando os quadrantes a serem avaliados, com suas respectivas subdivisões. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

3.4.1.3 Avaliações

As avaliações totalizaram 180 amostras de $0,0625 \text{ m}^2$ para cada uma das parcelas. Cada moldura de alumínio foi avaliada em sentido horário, sempre iniciando na subdivisão ($0,0625 \text{ m}^2$) esquerda superior, para cada uma das três linhas composta por três molduras (Figura 3.1). Durante as avaliações foi utilizado equipamento de proteção individual para evitar contaminação pelo inseticida.

O número de percevejos encontrados em cada subdivisão foi anotado e posteriormente eliminados para evitar recontagem. Também foi anotado o tempo total de avaliação de cada quadrante.

Por questão da metodologia escolhida para avaliar tamanho ótimo de amostragem, o tamanho do quadrante foi modificado para 1 m^2 , utilizando a área das duas primeiras molduras de alumínio da primeira e segunda linha (Figura 3.2). O número final de amostra por parcelas ficou definido em 16 amostras de $0,0625 \text{ m}^2$, oito amostras de $0,125 \text{ m}^2$, quatro amostras de $0,25 \text{ m}^2$, duas amostras de $0,5 \text{ m}^2$ e

uma amostra de 1 m².

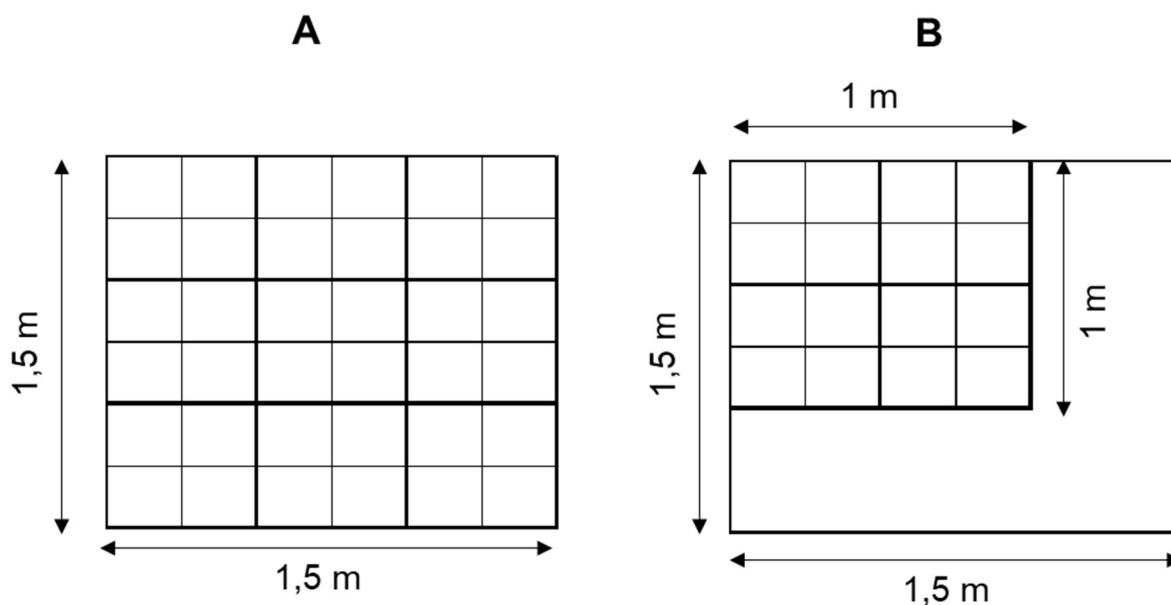


Figura 3.2. Modificação da área avaliada de cada quadrante, tamanho original (A) e modificada (B). Londrina, IDR – Paraná, 2023.

3.4.1.4 Análise dos dados

Para identificar o índice de disposição da população de *D.melacanthus* foi calculado a razão entre a variância e média das amostras de diferentes tamanhos:

Fórmula 3.1 Índice de dispersão

$$ID = \frac{S^2}{\mu}$$

onde:

S^2 = variância amostral

μ = média amostral

Após identificar que a população amostrada demonstra uma disposição agregada foi utilizada a técnica de Morisita (1959) para identificar o tamanho amostral que corresponde ao tamanho do agregado da população.

Fórmula 3.2 Morisita (1959):

$$I\delta = \frac{n(\sum x^2 - \sum x)}{(\sum x)^2 - \sum x}$$

onde:

n = número de amostras

$\sum x$ = soma dos indivíduos encontrados

$\sum x^2$ = soma das densidades ao quadrado em que os indivíduos foram encontrados

O Índice ($I\delta$) foi calculado para uma série de quadrados, formados a partir de uma unidade amostral fonte ($a = 0,0625 \text{ m}^2$), começando com um quadrado de área (a) e subsequentes com 2^a , 4^a , 8^a e 16^a , sendo que, cada quadrado seguinte deve apresentar o dobro de área do anterior. Em seguida, as razões: $I\delta a / I\delta 2^a$; $I\delta 2^a / I\delta 4^a$; $I\delta 4^a / I\delta 8^a$; $I\delta 8^a / I\delta 16^a$; foram calculadas para 2^a , 4^a , 8^a e 16^a , estas razões foram plotadas em relação ao tamanho dos quadrados (2^a , 4^a , 8^a e 16^a). Mudança na orientação da linha plotada (crescente ou decrescente) indica um tamanho de amostra o qual corresponde ao tamanho do agregado.

Com base nos expostos anteriormente e usando amostras de 1 m^2 , divididas em 16 partes iguais, testou os seguintes planos de amostragem:

- a) Retirar 80 amostras de $0,0625 \text{ m}^2$;
- b) Coletar 40 amostras de $0,125 \text{ m}^2$;
- c) Coletar 20 amostras de $0,25 \text{ m}^2$;
- d) Coletar 10 amostras de $0,5 \text{ m}^2$;
- e) Somar completamente as 5 amostras de $1,0 \text{ m}^2$

Em seguida foi realizado os testes de afastamento da aleatoriedade dos índices de dispersão e índices de Morisita através de comparações de frequência do teste de Qui-Quadrado:

Fórmula 3.3 e 3.4 Teste de afastamento da aleatoriedade dos índices de dispersão (1) e índices de Morisita (2)

$$X^2_{calc} = \frac{S^2}{\mu} \times (N - 1) \quad (1)$$

$$X^2_{calc} = I_{\delta}(\sum_{i=1}^N x_i - 1) + N - (\sum_{i=1}^N x_i) \quad (2)$$

Foi calculado também o custo relativo líquido (CRL) e precisão relativa líquida (PRL) (Southwood, 1966; Pedigo et al., 1972) pelas seguintes fórmulas:

Fórmula 3.5 Custo relativo líquido

$$CRL = CT \times VR$$

onde:

CT = custo (Tempo)

VR = variação relativa, resultado da razão entre erro padrão (Sx) e a média amostral (\bar{x})

Fórmula 3.6 Precisão relativa líquida

$$PRL = \frac{1}{(VR \times CT)}$$

A partir da escolha do tamanho amostral ideal, foi estimado o parâmetro de distribuição da binomial negativa (k), primeiro utilizando a fórmula de estimativa do k pelo método dos momentos (Anscombe, 1949):

Fórmula 3.7 Método de momentos (Anscombe, 1949)

$$k = \frac{\mu^2}{(S^2 - med)}$$

k = parâmetro de distribuição da binomial negativa

S² = variância amostral

μ = média amostral

Posteriormente, para obter uma estimação mais próxima da real, determinou-se o k por meio da fórmula de máxima-verossimilhança (Southwood & Henderson, 2000), os valores obtidos de k na fórmula anterior serviram como ponto de partida para esta fórmula:

Fórmula 3.8 Máxima-verossimilhança (Southwood & Henderson, 2000)

$$\text{Log}\left(\frac{N}{n_0}\right) = k \text{Log}\left(1 + \frac{\mu}{k}\right)$$

onde:

N = número total de amostras

n_0 = número de amostras nulas

med = média amostral

Após determinar o k , foi calculado o número de amostras necessárias para obter uma precisão que atende ao erro padrão de 5 e 10 % da média amostral de uma densidade populacional com distribuição agregada (binomial negativa):

Fórmula 3.9 Número de amostras que representa uma densidade populacional com distribuição agregada (binomial negativa) (Southwood & Henderson, 2000)

$$n = \frac{\frac{1}{\mu} + \frac{1}{k}}{E^2}$$

onde:

n = número total de amostras

μ = média amostral

E = erro padrão pré-determinado em decimal (0,05 e 0,10)

3.4.1.5 Programas estatísticos utilizados

Para realizar estes cálculos foi utilizado o programa matemático de planilha Microsoft Office Excel (versão Microsoft 365), e o programa estatístico BioStat (versão 5.0) Manuel et al. (2005).

3.4.2 Construção dos Planos de Amostragem

3.4.2.1 Ambiente de estudo

O estudo foi realizado na região Norte Central Paranaense, cujo clima é classificado como subtropical úmido com verões quentes (Cfa), segundo Köppen. Foi

disponibilizado pelo IDR-Paraná um total de seis municípios no norte do Paraná, os quais são atendidos por técnicos do IDR-Paraná, sendo que as propriedades presentes nestes municípios devem ter tamanho mínimo de 10 hectares e ser cultivados com soja sucedida por milho em sistema de semeadura direta. Foi avaliado a melhor rota de percurso para visitar os seis municípios de Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso, Cambé, Centenário do Sul, Ibiporã e Sertanópolis, conseguindo encaixar dois municípios por viagem. Nos municípios de Centenário do Sul, Ibiporã e Sertanópolis foram avaliadas duas propriedades rurais cada, e uma propriedade rural nos demais municípios, totalizando nove regiões amostrais.

3.4.2.2 Conceito de avaliação

Cada propriedade rural foi previamente avaliada por pano-de-batida durante o cultivo de soja e levantamento de presença de *D. melacanthus* em plantas espontâneas da propriedade. Todos estes dados foram anotados, sendo que todas as áreas avaliadas apresentaram histórico de *D. melacanthus* e sua presença também foi constatada durante as pré-avaliações. Dentre as nove propriedades rurais foram feitas um total de 31 avaliações e cada propriedade foi dividida em quatro talhões, sendo que, em cada um foram realizados 20 pontos amostrais de 0,25 m², assim somando 80 pontos por avaliação (20 m²), totalizando 2480 pontos amostrais (Anexo 2). Foram realizadas avaliações desde a pré semeadura do milho até o estágio fisiológico de V4, somente na propriedade de Alvorada do Sul que não foi possível avaliar na pré semeadura. A divisão de talhões para cada propriedade rural foi realizada de uma maneira em que cada talhão buscou representar um ambiente diferente, seja proximidade a mata, proximidade a uma propriedade rural vizinha ou divisão de curva de nível. O manejo empregado pelo produtor não foi influenciado e os percevejos mortos após os manejos foram contados quando amostrados. As ninfas amostradas foram somadas com a contagem de adultos da respectiva amostra, porém, ninfas inferiores ao terceiro instar foram encontradas em baixa quantidade durante a amostragem com quadrante, sendo mais abundantes nas avaliações prévias sob plantas espontâneas, durante a pós-colheita da soja e pré-semeadura do milho. Durante o ensaio foram encontrados ovos de *D. melacanthus* principalmente em palhada e em cotilédones de soja espontânea, estes dados foram tabulados. Não foi possível realizar o número ideal de 45 avaliações (pré-germinação até V4) em todas as propriedades rurais devido à chuva e indisponibilidade de viagem.

3.4.2.3 Avaliações

As avaliações iniciaram-se no dia 17 de março de 2023 e terminaram no dia 19 de abril de 2023 (Anexo 2 e 3). Para possibilitar a avaliação de dois municípios por dia foram disponibilizados dois técnicos do IDR-Paraná de Londrina para auxiliar nas amostragens. Estes técnicos já haviam sido familiarizados com a técnica amostral e identificação de *D. melacanthus* por ajudarem durante a determinação da distribuição espacial. Durante cada ponto amostral realizado, a partir do estádio fisiológico V2 do milho, foi também anotada a nota de dano de Bianco (2006) para a planta de milho adjacente.

3.4.2.4 Análise dos dados

Os dados recolhidos a campo foram tabulados e calculou-se as médias amostrais, variâncias e índices de disposição (Anexo 3). Em seguida foi calculado a probabilidade das distribuições e realizado o teste de ajuste para as distribuições teóricas de frequência com os valores totais de amostragem, ou seja, utilizando os 2480 pontos amostrais:

Fórmula 3.10 e 3.11 Probabilidade de distribuição binomial negativa (Johnson & Kotz, 1969)

$$P(0) = \left(1 + \frac{\mu}{k}\right)^{-k}$$

$$P(x) = \frac{k + x - 1}{x} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu + k}\right) \cdot P(x - 1)$$

onde:

x = frequência de insetos amostrados ($x = 1, 2, 3, \dots$).

O valor do parâmetro de distribuição da binomial negativa (k) foi calculado utilizando a fórmula 3.5 de máxima verossimilhança.

O teste de ajuste para as distribuições teóricas de frequência com os valores observados foi verificado através do teste qui-quadrado de aderência (X^2), sendo o valor estatístico obtido por:

Fórmula 3.10 Teste qui-quadrado de aderência

$$X^2 = \sum_{i=1}^{N_c} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i}$$

onde:

N_c = classes da distribuição de frequências

FO_i = frequência observada na i-ésima classe

FE_i = frequência esperada na i-ésima classe

A frequência mínima esperada foi fixada a um, e o número de grau de liberdade associado ao teste qui-quadrado foi obtido por:

Fórmula 3.11 Cálculo do grau de liberdade

$$\text{Grau de Liberdade} = N_c - N_p - 1$$

onde:

N_c = número de classes da distribuição de frequências

N_p = número de parâmetros estimados da amostra

Foi determinado rejeitar-se o ajuste da distribuição ao nível de 5 % de probabilidade, caso o valor calculado da fórmula 3.8 for maior ou igual ao tabelado de qui-quadrado com o respectivo grau de liberdade.

Também foi calculado o coeficiente U de Evans (1953), e comparado ao gráfico de erro padrão de U [SE(U)], construído por Evans para determinar aderência de uma distribuição binomial negativa.

Fórmula 3.12 Coeficiente U de Evans (1953)

$$U = S^2 - \left(\mu + \frac{\mu^2}{k} \right)$$

onde:

S^2 = variância amostral

μ = média amostral

k = parâmetro de distribuição da binomial negativa

Ao concluir que a distribuição observada se ajusta à distribuição binomial negativa, pode-se construir o plano de amostragem. Optou-se também pela construção de um plano de amostragem sequencial de presença-ausência.

Para determinar os planos de amostragem primeiramente deve-se estabelecer a relação entre densidade de insetos amostrados (insetos/amostra) e sua respectiva proporção de amostra infestada (P_{ai}), tal relação foi representada em gráfico e uma regressão exponencial negativa foi calculada.

Ao se estabelecer tal relação, deve-se adequar os limites de controle (superior e inferior) do plano de amostragem a esta relação, optou-se por basear tal adequação pelas fórmulas discutidas por Nyrop e Binns (1992), na qual, determina o limite de controle (m'), que representa o valor do coeficiente Z da fórmula de P_{ai} previamente calculada.

Fórmulas 3.13 e 3.14 Proporção de amostras infestadas e coeficiente Z

$$P_{ai} = 1(1 - e^{-Z})$$

$$\ln(-\ln(1 - P_{ai})) = Z$$

$$Z = A + B(m')$$

onde:

P_{ai} = proporção de amostras infestadas

e = constante matemático de Euler ($\approx 2,71828$)

Z = coeficiente de correção do nível de controle

A = coeficiente linear

B = coeficiente angular

m' = nível de controle corrigido para a P_{ai}

Os resultados foram representados na tabela 3.1, também foi representado a regressão exponencial negativa entre média de *D. melacanthus* por amostra e a proporção de amostra infestada (P_{ai}).

Tabela 3.1. Correção do nível de controle (NC) de *Diceraeus melacanthus* para a unidades de amostra (UA) de 0,25 m² e correção do nível de controle (m') perante a proporção de amostra infestada (Pai) utilizado na construção dos planos de amostragem com distribuição binomial negativa e positiva de presença-ausência. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

UA	NC	Pia	Z	m'
	0,26 (+30 %)	0,20	0,217	0,16
0,25 m ²	0,20*	0,15	0,167	0,11
	0,14 (-30 %)	0,11	0,117	0,07

* Nível de controle de *Diceraeus melacanthus* para milho (0,8 percevejo.m⁻²) (Duarte, Àvila e Santos, 2015)

Para construir o plano de amostragem foi considerado que os limites superior e inferior de controle fossem ajustados a $\pm 30\%$, respectivamente, para reduzir o erro tipo 1 e 2 durante as tomadas de decisão, com isso determinou-se as linhas de decisão, S_0 e S_1 , as quais são calculadas por:

Fórmulas 3.15 e 3.16 Linhas de decisão do plano de amostragem

$$S_0 = h_0 + bN$$

$$S_1 = h_1 + bN$$

onde:

h_0 e h_1 = representam os coeficientes lineares

b = coeficiente angular

N = número de unidades amostrais

Os coeficientes lineares são calculados seguindo as seguintes equações:

Fórmulas 3.17 e 3.18 Coeficientes lineares das linhas de decisão para a binomial negativa

$$h_0 = \frac{\ln \frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}}$$

$$h_1 = \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}}$$

onde:

\ln = log neperiano

α e β = valores iguados pré-estabelecidos decimais = 0,25

p_0 = valor calculado dividindo-se o limite inferior de controle pelo parâmetro de distribuição binomial negativa (k)

p_1 = valor calculado dividindo-se o nível de controle pelo parâmetro de distribuição binomial negativa (k)

q_0 = somatória de um mais o valor de p_0

q_1 = somatória de um mais o valor de p_1

O coeficiente angular b pode ser calculado pela seguinte equação:

Fórmula 3.19 Coeficiente angular das linhas de decisão

$$b = k \frac{\ln \frac{q_1}{q_0}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}}$$

Foi calculada também a curva operacional de probabilidade de aceitar a hipótese nula (COp) e número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (NMA) para o plano de amostragem binomial negativo.

Fórmula 3.20 e 3.21 Curva operacional de probabilidade e número médio de amostras, para aceitar a hipótese nula do plano de amostragem binomial negativo

$$COp (\%) = \frac{\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^x - 1}{\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^x - \left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)^x}$$

$$NMA (n) = \frac{COp (h_0 - h_1) + h_1}{m - b}$$

$$m = \frac{k(m_0 + k)/(m_1 + k)^x - 1}{\frac{1 - m_1(m_0 + k)}{m_0(m_1 + k)^x}}$$

onde:

x = valor auxiliar utilizado para determinar ambas as fórmulas sendo $x \neq 0$
 $(+\infty; -\infty)$

b = coeficiente angular da linha de decisão

k = parâmetro de distribuição da binomial negativa

m_0 = limite inferior de controle corrigido (m'_0)

m_1 = limite superior de controle corrigido (m'_1)

Fórmula 3.22, 3.23 e 3.24 Coeficientes das linhas de decisão para a binomial positiva (presença-ausência)

$$h_0 = \frac{\ln \frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}}$$

$$h_1 = \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}}$$

$$b = \frac{\ln \frac{q_1}{q_0}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}}$$

onde:

h_0 e h_1 = coeficientes lineares

b = coeficiente angular

p_0 = limite inferior do nível de controle

p_1 = limite superior do nível de controle

$q_0 = 1 + p_0$

$$q_1 = 1 + p_1$$

Foi calculado também a curva operacional de probabilidade de aceitar a hipótese nula (COp) e número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (NMA) para o plano de amostragem binomial positivo.

Fórmula 3.25 e 3.26 Curva operacional de probabilidade e número médio de amostras, para aceitar a hipótese nula para plano de amostragem presença-ausência

$$COp P(m) = \frac{\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)^x - 1}{\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)^x - \left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)^x}$$

$$NMA(n) = \frac{P(m)(h_0 + h_1) + h_1}{p' - b}$$

$$p' = \frac{\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^x - 1}{\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^x - \left(\frac{q_1}{q_0}\right)^x}$$

Um terceiro plano de amostragem também foi construído, o plano de amostragem enumerativo composto pelos limites de controle com apenas correção para o tamanho amostral de 0,25 m², sendo o limite superior de 0,26 e o inferior de 0,14 *D. melacanthus*/0,25 m² (Tabela 3.1).

Fórmulas 3.27 e 3.28 Plano de amostragem sequencial enumerativo

$$h = \frac{\ln\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)}{\ln\left(\frac{m_1}{m_0}\right)}$$

$$b = \frac{(m_1 - m_0)}{\ln\left(\frac{m_1}{m_0}\right)}$$

onde:

m_1 = limite superior de controle com somente correção para tamanho amostral (0,25 m²)

m_0 = limite inferior de controle com somente correção para tamanho amostral (0,25 m²)

Também foi calculada a curva operacional da probabilidade de aceitar a hipótese nula (COp), utilizando a fórmula 3.25, anteriormente descrita, e a curva de número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (NMA) com a seguinte fórmula.

Fórmulas 3.29 Número médio de amostras para aceitar a hipótese nula

$$NMA(n) = \frac{(P(m)(-2h) + h)}{m - b}$$

$$m = \frac{x(m1 - m0)}{(m1^x m0^{-x}) - 1}$$

onde:

x = valor auxiliar utilizado para determinar ambas as fórmulas sendo $x \neq 0$ ($+\infty; -\infty$)

b = coeficiente angular da linha de decisão

$m1$ = limite superior de controle com somente correção para tamanho amostral (0,25 m²)

$m0$ = limite inferior de controle com somente correção para tamanho amostral (0,25 m²)

Foi estabelecido que a linha de decisão S_0 representa a hipótese nula, na qual, não se recomenda o controle do inseto, já a linha de decisão S_1 representa a hipótese alternativa, a qual recomenda-se o controle de *D. melacanthus*. Tal tomada de decisão de aceitar ou rejeitar qualquer hipótese deve ser realizado dividindo-se o número de presenças encontradas do percevejo com o número de amostras realizadas.

O número médio de amostragens necessárias é obtido através da média entre o maior número de amostras que ainda recomenda aceitar a hipótese alternativa de controle com o menor número que recomenda aceitar a hipótese nula, de não controlar.

Foi construído um quarto plano de amostragem baseado na Lei de Potência de Taylor (Taylor, 1961), sendo que, os coeficientes da Lei de Taylor foram obtidos através da plotagem de uma regressão entre as médias amostrais e suas respectivas variâncias:

Fórmula 3.27 Lei de Potência de Taylor

$$S^2 = a\mu^b$$

onde:

S^2 = variância amostral

μ = média amostral

a = coeficiente relacionado ao tamanho do quadrante amostral

b = coeficiente intrínseco relacionado à agregação espacial da espécie

Utilizando os coeficientes da Lei de Taylor, e substituindo seus valores na equação de Green (1970), obteve-se uma amostragem baseada na estimativa de densidade média da população com nível de erro constante:

Fórmula 3.28 Equação da linha de decisão

$$\ln T_n = \frac{\ln \left(\frac{D^2}{a} \right)}{b - 2} + \frac{(b - 1)}{(b - 2)} \cdot \ln N$$

onde:

T_n = número acumulado de amostra tamanho n

D = nível constante de erro em decimal (0,10)

a e b = coeficientes da Lei de Potência de Taylor

N = número de amostra

3.4.2.5 Programas estatísticos utilizados

Para realizar estes cálculos foi utilizado o programa matemático de planilha Microsoft Office Excel (versão Microsoft 365), e o programa estatístico BioStat (versão 5.0) Manuel et al. (2005).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinar a disposição de *D. melacanthus*, cada quadrante de 1 m² foi considerado representativo de 1% da área total da parcela, resultando na avaliação de 5% da área total (100 m²) de cada parcela. As amostragens realizadas nas parcelas evidenciam a contagem de *D. melacanthus* nos quadrantes (Figura 3.3). De um total de 400 percevejos soltos, foram encontrados 36, 89 e 23, nas parcelas 1, 2 e 3,

respectivamente. Na primeira parcela uma amostragem de 5% da área, encontrou 9% da população total, na segunda 22,25% e na terceira encontrou 5,75% da população conhecida, com isso, assume-se que a parcela 1 representa uma agregação média, a parcela dois uma agregação alta e a parcela 3 uma agregação baixa, também que a área amostrada representou a população conhecida das parcelas. Observa-se que o maior número de indivíduos foi encontrado no centro das parcelas, possivelmente devido à presença das plantas daninhas no local, como nabo-forrageiro (*Brassica rapa*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), apaga fogo (*Alternanthera tenella*) e caruru (*Amaranthus sp.*). Isso evidencia a permanência do percevejo sob plantas espontâneas.

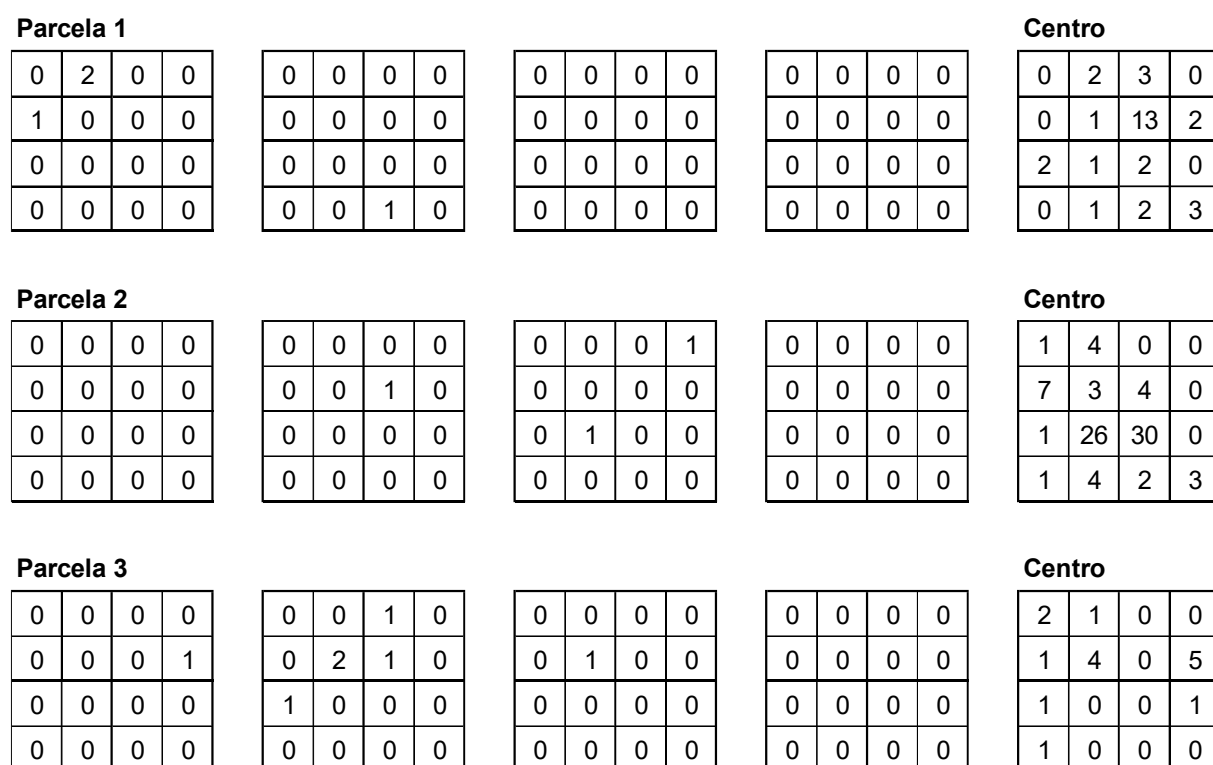


Figura 3.3. Representação de *Diceraeus melacanthus* contados durante a amostragem a campo ($n = 400$ percevejos por parcela) em cinco quadrantes subdivididos em 16 partes iguais (unidade = $0,0625\text{m}^2$). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Por questão de comparação dos resultados do cálculo do índice de Morisita (1960), as amostragens de todas as parcelas, para os devidos tamanhos amostrais, foram somadas (Total) e comparadas às parcelas individuais (Tabela 3.2). Nota-se que para praticamente todas as razões de Morisita os valores foram acima de 1, algo que indica possível disposição agregada da população amostrada (Morisita, 1960).

Portanto, seu comportamento de oviposição em massa de até 14 ovos, e agregação de ninfas do primeiro instar, se repete na fase adulta. Estes resultados corroboram com o trabalho de Fernandes et al., (2022), no qual também estudou a disposição de *D. melacanthus* em milho, classificando sua disposição como agregada na maioria das amostragens realizadas. A única razão abaixo de um foi a do tamanho amostral de 0,5 m² para a parcela com a agregação baixa, demonstrando que este tamanho amostral não representaria esta população com disposição agregada. Para as parcelas com agregação média, o tamanho amostral de 0,25 m² (4a) foi o que demonstrou variação significativa da razão de Morisita em relação ao anterior (2a) e posterior (8a), uma vez que seu valor ficou abaixo de ambos. De maneira semelhante, na parcela com agregação baixa, o tamanho amostral de 0,25 m² foi inferior ao anterior (2a), mas maior do que o próximo tamanho amostral (0,5 m²). Como mencionado anteriormente, esse tamanho amostral não representaria a disposição agregada observada. Portanto, o tamanho amostral de 0,25 m² destaca-se como o mais adequado para representar as amostragens realizadas nesta parcela.

Tabela 3.2. Índices de Morisita ($I\delta$) e razão entre estes índices para populações de *Diceraeus melacanthus* (n = número de amostras) (x = indivíduos amostrados). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Parcelas (Agregação)	Parâmetro estatístico	Tamanho (n) da unidade de amostra (a=0,0625 m ²)				
		a	2a	4a	8a	16a
1 ^a (Média)	n	80	40	20	10	5
	$\sum x$	36	36	36	36	36
	$\sum x^2$	216	284	408	572	1034
	$(\sum x)^2$	1296	1296	1296	1296	1296
	$I\delta$	11,43	7,87	5,90	4,25	3,96
	$I\delta_a/I\delta_{na}$	-	1,45	1,33	1,39	1,07
2 ^a (Alta)	n	80	40	20	10	5
	$\sum x$	89	89	89	89	89
	$\sum x^2$	1701	1823	2493	4853	7401
	$(\sum x)^2$	7921	7921	7921	7921	7921
	$I\delta$	16,47	8,86	6,14	6,08	4,67
	$I\delta_a/I\delta_{na}$	-	1,86	1,44	1,01	1,30
3 ^a (Baixa)	n	80	40	20	10	5
	$\sum x$	23	23	23	23	23
	$\sum x^2$	59	71	105	197	283
	$(\sum x)^2$	529	529	529	529	529
	$I\delta$	5,69	3,79	3,24	3,44	2,57
	$I\delta_a/I\delta_{na}$	-	1,50	1,17	0,94	1,34
Total	n	240	120	60	30	15
	$\sum x$	148	148	148	148	148
	$\sum x^2$	1976	2178	3006	5622	8718
	$(\sum x)^2$	21904	21904	21904	21904	21904
	$I\delta$	20,17	11,20	7,88	7,55	5,91
	$I\delta_a/I\delta_{na}$	-	1,80	1,42	1,04	1,28

A razão entre os índices de Morisita (1960), demonstram duas mudanças na direção da linha plotada, portanto, os tamanhos amostrais que representam o agregado são o de 4^a (0,25 m²) e 8^a (0,5 m²) (Figura 3.4). Nota-se uma variação mais notável na linha das razões da agregação média, em que no ponto de 0.25 m² ocorre uma mudança de direção da linha, também ocorre no ponto de 0.5 m². Tais mudanças de direção (crescente ou decrescente) demonstram adequação da unidade amostral com a agregação da população. O tamanho amostral que melhor representou a

disposição agregada destas avaliações foi o de $0,25\text{m}^2$ (4a), o tamanho amostral de $0,5\text{ m}^2$ (8a) também poderia ser considerado, porém na parcela com agregação baixa sua razão de Morisita foi inferior a um, indicando que não representaria esta população agregada.

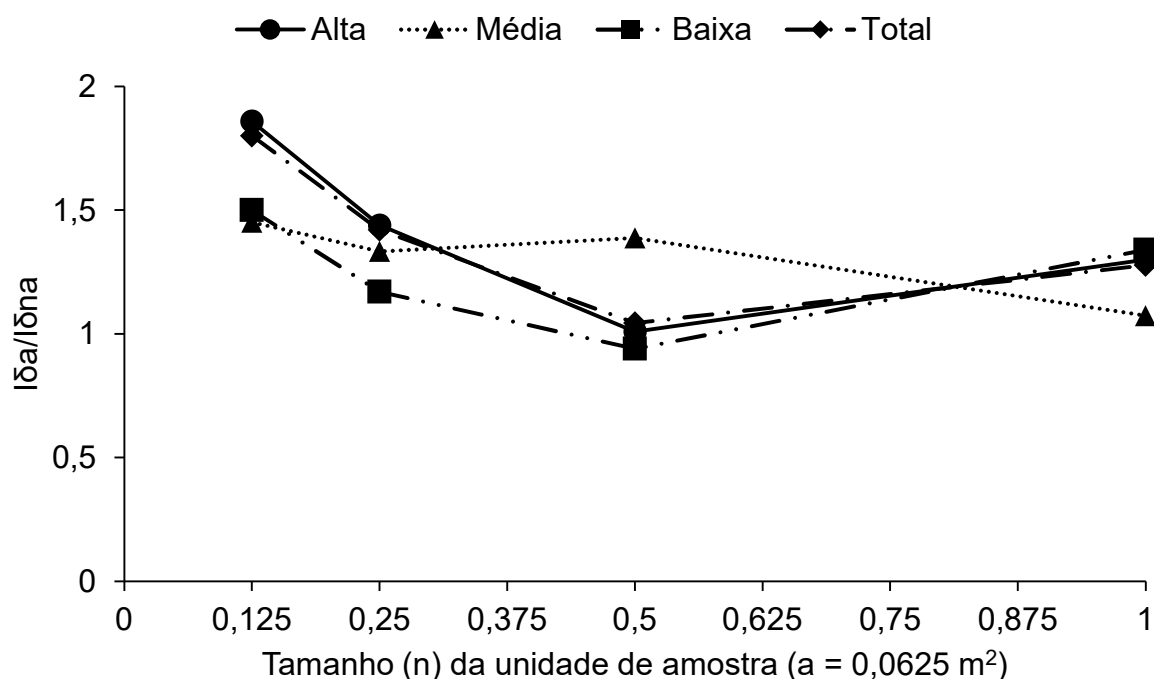


Figura 3.4. Razão entre os índices de Morisita em relação ao tamanho amostral de taxa alta, média e baixa de agregação e soma total para amostragem de *Diceraeus melacanthus*. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

A figura construída representando os valores de índice de Morisita ($I\delta$), calculados para cada tamanho amostral, nas respectivas parcelas, quando comparados com os padrões calculados por Morisita, Masaaki (1959), são semelhantes com o padrão de distribuição de uma população agregada, sendo estas agregações distribuídas de maneira uniforme no campo (Figura 3.5 e Anexo 1). Portanto, pode-se concluir que as disposições das populações amostradas em cada parcela são representadas pela distribuição teórica de agregação com disposição normal de agregados.

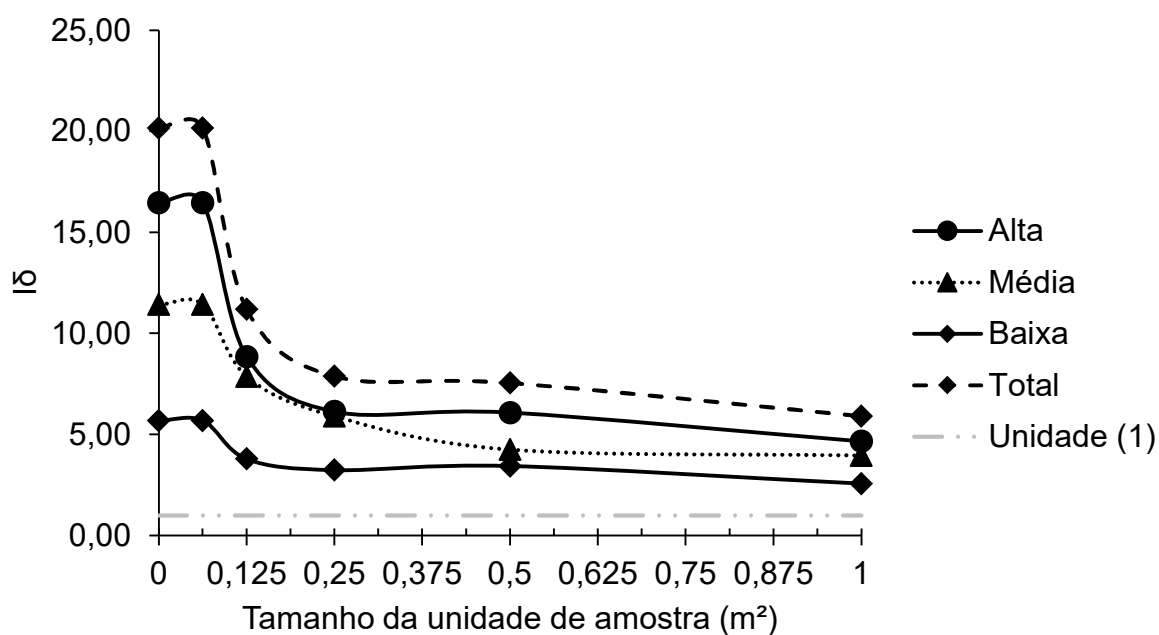


Figura 3.5. Representação dos índices de Morisita ($I\delta$) para cinco tamanhos de unidades amostrais n , $2n$, $4n$, $8n$ e $16n$ ($n = 0,0625 m^2$) em três parcelas cada representando uma agregação alta, média ou baixa, e a soma total, com a linha de unidade (1) representado o padrão para determinação das disposições aleatória ($I\delta = 1$), normal ($I\delta < 1$) e agregada ($I\delta > 1$). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

A determinação dos tamanhos ideais de amostra, que melhor representam os agregados, requer a avaliação do custo relativo líquido (CRL) e da precisão relativa líquida (PRL) de cada opção, a fim de justificar a escolha que melhor atende à relação entre precisão e custo (Tabela 3.3). Destaca-se que o tamanho amostral de $0,25 m^2$ exibiu, em média, a maior PRL, indicando a melhor razão entre custo e precisão quando comparado com outros tamanhos. Além disso, apresentou o menor CRL médio, atribuído ao tempo médio de 24 minutos para a realização de 20 amostras. Assim, o tamanho amostral de $0,5 m \times 0,5 m$ (4a) foi selecionado por melhor representar a distribuição espacial de *D. melacanthus*.

Tabela 3.3. Cálculo da precisão relativa líquida (PRL) em relação ao custo relativo líquido (CRL) e variação relativa (VR) para determinar o tamanho ideal de amostragem para *Diceraeus melacanthus*. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Agregação	Tamanho amostral (m ²)	Custo unitário (minuto decimal)	Número de amostras	Custo total de amostragem (hora)	μ	S ²	S ² / μ	Erro padrão	VR	CRL	PRL	Média PRL
Baixa	0,0625	0,30	80	0,40	0,29	1,82	6,34	0,15	0,53	0,21	9,1	10,1
Média					0,45	4,33	9,63	0,23	0,52	0,21	9,3	
Alta					1,11	20,96	18,84	0,51	0,46	0,18	11,8	
Total					0,62	11,74	19,03	0,22	0,36	0,43	6,5	
Baixa	0,125	0,62	40	0,41	0,58	3,89	6,77	0,31	0,54	0,22	8,3	10,3
Média					0,90	7,11	7,90	0,42	0,47	0,19	11,1	
Alta					2,23	41,35	18,58	1,02	0,46	0,19	11,6	
Total					1,23	24,27	19,68	0,45	0,36	0,45	6,1	
Baixa	0,25	1,22	20	0,41	1,15	4,92	4,27	0,50	0,43	0,17	13,3	11,1
Média					1,80	16,45	9,14	0,91	0,50	0,20	9,7	
Alta					4,45	95,05	21,36	2,18	0,49	0,20	10,3	
Total					2,47	41,91	16,99	0,84	0,34	0,41	7,1	
Baixa	0,5	2,18	10	0,42	2,30	13,15	5,72	1,15	0,50	0,21	9,6	7,4
Média					3,60	40,52	11,25	2,01	0,56	0,23	7,6	
Alta					8,90	390,27	43,85	6,25	0,70	0,29	4,8	
Total					4,93	152,29	30,87	2,25	0,46	0,58	3,8	
Baixa	1	6,33	5	0,53	4,60	34,22	7,44	2,62	0,57	0,30	5,9	3,6
Média					7,20	180,74	25,10	6,01	0,84	0,44	2,7	
Alta					17,80	1295,78	72,80	16,10	0,90	0,48	2,3	
Total					9,87	463,64	46,99	5,56	0,56	0,89	2,0	

μ Média amostral

S² Variância amostral

Os valores de qui-quadrado calculados devem ser significativamente maiores do que os valores tabelados ($\alpha = 0,025$ e $\alpha = 0,975$), para tomar como satisfatório a disposição teórica de agregação (Tabela 3.4). Tal fato também é verdadeiro para os valores de qui-quadrado calculados sob os índices de Morisita ($I\delta$) com determinado nível de confiança ($\alpha = 0,05$) (Tabela 3.5). Os testes de afastamento da aleatoriedade dos índices de dispersão e de Morisita, demonstram que se pode tomar como satisfatório a disposição teórica de agregação para representar *D. melacanthus* em uma área de cultivo (Tabelas 3.4 e 3.5).

Tabela 3.4. Teste de afastamento da aleatoriedade de Qui-Quadrado (X^2) para índices de dispersão (S^2/\bar{x}) do tamanho de amostra de 0,25 m², com número de amostras (N) e dados recolhidos de três parcelas e do total das parcelas. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Agregação	Tamanho amostral (m ²)	N	\bar{x}	S ²	S ² / \bar{x}	X ² calculado	X ² tabelado (0,025)*	X ² tabelado (0,975)**
Média			1,80	16,45	9,14	173,67		
Alta	0,25	20	4,45	95,05	21,36	405,82	8,91	32,85
Baixa			1,15	4,92	4,27	81,21		
Total		60	2,47	41,91	16,99	322,83		

Grau de liberdade = N - 1

* Nível de confiança ($\alpha = 0,025$)

** Nível de confiança ($\alpha = 0,975$)

Tabela 3.5. Teste de afastamento da aleatoriedade de Qui-Quadrado (X^2) para índices de Morisita ($I\delta$) do tamanho de amostra de 0,25 m², com número de amostras (N) e dados recolhidos de três parcelas e do total das parcelas. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Agregação	Tamanho amostral (m ²)	N	$I\delta$	X ² calculado	X ² tabelado (0,05)*
Média			5,90	190,67	
Alta	0,25	20	6,14	471,22	10,117
Baixa			3,24	68,30	
Total		60	7,88	1030,65	

Grau de liberdade = N - 1

* Nível de confiança ($\alpha = 0,05$)

Ao concluir que o tamanho amostral ideal é de 0,25 m², procedeu-se ao cálculo do número de amostras necessárias (Tabela 3.6). Sendo calculado o parâmetro da distribuição binomial negativa (k) para cada parcela e a soma total destas parcelas. Com um erro padrão estabelecido de 5%, observou-se que o maior

número de amostras requeridas foi de 3726, enquanto o menor foi de 1148 amostras. Para um erro padrão de 10%, os valores máximo e mínimo foram de 932 e 287 amostras, respectivamente. Considerando um erro padrão de 20%, o menor número de amostras necessário foi de 51 amostras, enquanto o maior foi de 227 amostras. Estabelecendo como ideal um total de 3600 amostras, foram obtidas de nove propriedades com cinco avaliações cada durante o desenvolvimento do milho (pré-germinação até V4), totalizando 45 avaliações de 80 pontos amostrais. No entanto, como anteriormente relatado, apenas 31 avaliações foram viáveis, resultando em 2480 pontos amostrais de 0,25 m².

Tabela 3.6. Cálculo do número de amostras utilizando o parâmetro de distribuição da binomial negativa (k) e considerando erros padrão de 5, 10 e 20 % para amostragem do *Diceraeus melacanthus* com unidade amostral de 0,25 m². Londrina, Paraná, IDR-Paraná.

Agregação	Tamanho amostral (m ²)	Número de amostras	\bar{x}	k	N° de amostras (5%)	N° de amostras (10%)	N° de amostras (20%)
Baixa	0,25	20	1,15	0,50	1148	287	51
Média			1,80	0,13	3299	825	193
Alta			4,45	0,11	3726	932	227
Total			2,47	0,16	2662	666	157

μ Média amostral

k Parâmetro Binomial negativo

Os dados de contagem do percevejo-barriga-verde com informações sobre a região de amostragem e a data da coleta, foram organizados e apresentados em uma tabela anexada no final do trabalho (Anexo 3). Para a confecção dos planos de amostragem foram utilizados os valores totais amostrados (2480). Após a coleta e tabulação desses dados nas propriedades em questão, procedeu-se à comparação das frequências observadas e esperadas para realizar o teste de aderência a uma distribuição binomial negativa (Tabela 3.7). A média amostral foi calculada em 0,345 *D. melacanthus* por 0,25 m², com uma variância amostral de 0,77 e um índice de disposição (ID) de 2,23. Observou-se que 77% das amostras foram nulas, aproximadamente 17% continham um único indivíduo, enquanto 6% das amostras apresentavam pelo menos dois insetos. A frequência esperada de amostras mostrou-se próxima da observada, exceto para aquelas que registraram mais de oito insetos, pois a frequência esperada para tal cenário foi nula. Ao se comparar o qui-quadrado

(X^2) calculado com o tabelado verifica-se uma diferença significativa entre os valores, podendo concluir-se assim que as frequências observadas se aderem a uma distribuição binomial negativa. Também foi calculado o coeficiente U de Evans (1953), o qual através de sua comparação com o gráfico de erro padrão de U [SE(U)], construído por Evans (1953), determina também a representatividade da distribuição binomial negativa para uma população. Sendo que o valor de SE(U) deve ser corrigido perante a simples formula de dez multiplicado à raiz do número de amostras. Se o valor calculado de U (0,1871) for significativamente menor que o valor de SE(U) corrigido (4,98), pode se tomar a distribuição binomial negativa como modelo satisfatório (Southwood e Henderson, 2009; Evans, 1953). Contudo, através de ambos estes testes pode-se concluir com firmeza que a distribuição de *D. melacanthus* pode ser representada por uma distribuição binomial negativa na cultura do milho, ou seja uma distribuição agregada, sendo que o parâmetro de distribuição da binomial negativa (k) foi determinado a 0,498. Resultado que se assemelha a outro Pentatomidae, o *Nezara viridula*, o qual representa disposição agregada também em soja, mas com valor de k maior (Todd e Herzog, 1980). Fernandes et al., (2022) concluíram que a disposição de *D. melacanthus* é agregada e representada por uma distribuição binomial negativa para a cultura do milho. Outro percevejo que apresentou disposição agregada foi o *Oebalus pugnax*, na cultura de arroz, na maioria de suas densidades observadas (Espino, Way e Wilson, 2008). Souza et al., (2014) determinaram que a disposição do *Euschistus heros* em soja também se apresenta como agregada e representada por uma distribuição binomial negativa.

Tabela 3.7. Teste de Qui-Quadrado (X^2) ($\alpha = 0,05$) e coeficiente U de aderência a uma distribuição binomial negativa, FO = frequência observada e FE = frequência esperada com grau de liberdade (GL) = 13 composto por frequências obtidas de 2480 amostras em nove propriedades rurais do norte do Paraná. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Número de insetos	Frequencia	FO	FE	X^2 calculado	X^2 tabelado (GL = 13)	U	SE(U)**
0	1911	0,7702	0,7695				
1	419	0,1690	0,1568				
2	96	0,0391	0,0480				
3	26	0,0105	0,0164				
4	13	0,0052	0,0059				
5	4	0,0016	0,0022				
6	4	0,0016	0,0008				
7	2	0,0008	0,0003	0,5731	3,565	0,038	0,1
8	2	0,0008	0,0001				
9	0	0,0000	0,0000				
10	0	0,0000	0,0000				
11	1	0,0004	0,0000				
12	0	0,0000	0,0000				
13	1	0,0004	0,0000				
14	1	0,0004	0,0000				
Total	2480*	1	1	$\bar{x} = 0,345$	$S^2 = 0,77$	$k = 0,498$	

* Número total de amostras composto por 80 amostras de 0,25 m², realizadas num total de 31 ensaios em nove municípios do norte do Paraná (Anexo 2)

** Erro padrão tabelado corrigido para 2480 amostras (Evans, 1953)

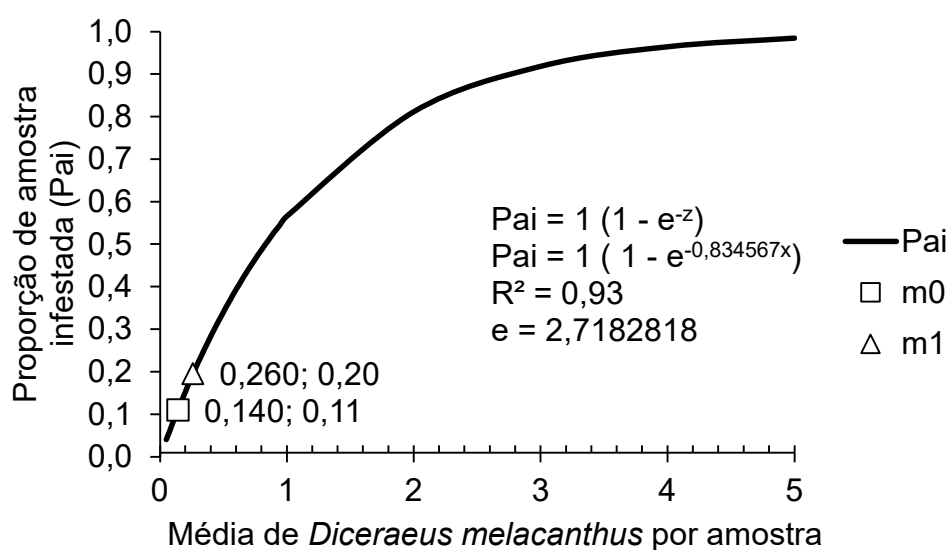
\bar{x} = Média amostral

S^2 = Variância amostral

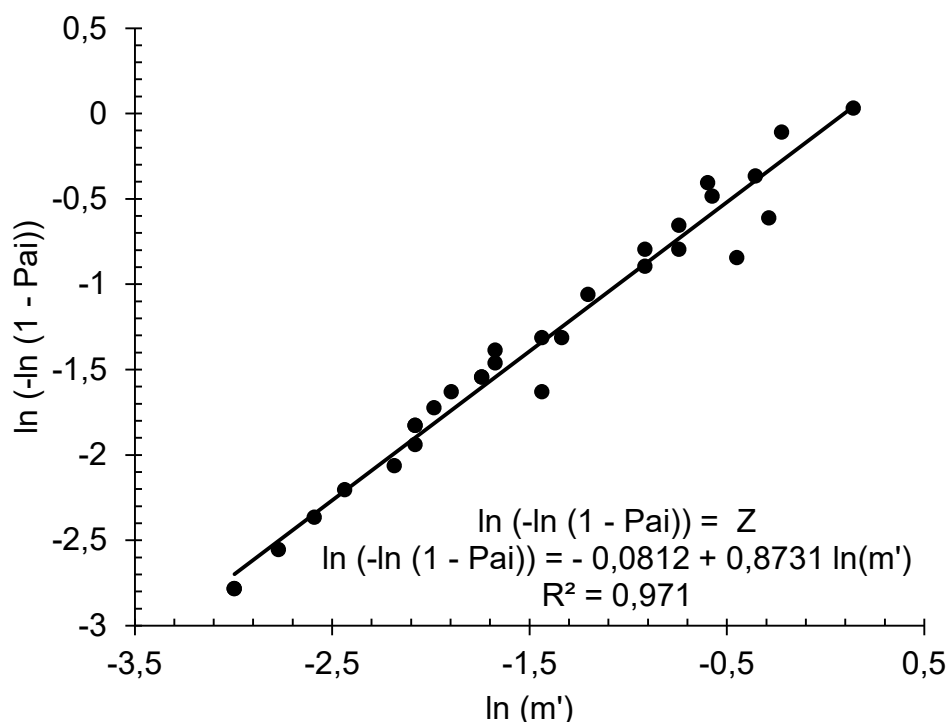
k = Parâmetro da binomial negativa

A proporção de amostra infestada (Pai) em relação à média de *D. melacanthus* por amostra resultou numa regressão exponencial negativa com alto valor de predição da regressão ($R^2 = 0,93$) (Figura 3.6A). Foram destacados na linha de regressão os valores de média do percevejo por amostra, 0,14 e 0,26 percevejo/0,25m², por representaram os valores de nível de dano ($\pm 30\%$) corrigidos para o tamanho amostral de 0,25 m², sendo seus respectivos valores de Pai, 0,20 e 0,11. Os limites superiores e inferiores de nível de controle foram alterados por 30 % para dilatar o espaço entre as linhas de decisão (espaço de indecisão), visando evitar tomadas de decisão precoces, tendendo-se a cometer erros tipo 1 (controle sem

necessidade) e tipo 2 (necessidade de controle porém decide não controlar). Estes valores de P_{ai} foram então aprofundados para calcular-se os valores de nível de controle corrigido (m'), sendo utilizado a fórmula de Z e desenvolvido um modelo empírico para determinar m' , com valor de predição da regressão ($R^2 = 0,97$), adaptado de Nyrop e Binns (1992) (Figura 3.6B). Foi, portanto, determinado após as correções que o limite superior de controle deve ser de 0,16 e o inferior de 0,07 percevejos/0,25m². Sendo estes limites utilizados para a construção de ambos os planos de amostragem binomial.



(A)



(B)

Figura 3.6. Regressão exponencial negativa da proporção de amostra infestada (Pai) com a média de *Diceraeus melacanthus* por amostra (A). Modelo empírico de Nyrop Binns (1992) para calcular o coeficiente Z e corrigir o nível de controle (m') pela proporção de amostra infestada (B). Londrina, IDR-Paraná, 2023.

Foi calculado também os coeficientes lineares superior e inferior (H1 e H0) para planos de amostragem com distribuição binomial negativa ($k = 0,498$) (A), binomial positiva (B) e sequencial enumerativa (C) com variados níveis de controle (NC) de *Diceraeus melacanthus* em milho, corrigidos para o tamanho amostral de $0,25 \text{ m}^2$ (NC') e perante número de proporção de amostras infestadas ($'m$) (Anexo 4). Esta tabela pode ser utilizada para observar como os diferentes métodos utilizados para construir os planos de amostragem são influenciados por variações no nível de controle do percevejo-barriga-verde (Anexo 4). Destaca-se o plano sequencial enumerativo por não demonstrar variação para o coeficiente linear (H), entre os níveis de controle de 4,50, 3,00, 1,50 e 0,75 percevejo-barriga-verde por metro quadrado, tal resultado se deve aos níveis limites de nível de controle superior (m_1) e inferior (m_0) se diferenciar por $\pm 30 \%$ para todas as equações calculadas.

Os planos amostrais construídos com distribuição binomial são mais práticos por permitirem tomada de decisão a cada amostra realizada. O gráfico de plano de amostragem sequencial construída a partir de uma distribuição binomial

negativa, contendo ambas as linhas de decisão, linha S1 sendo de aceitar a hipótese alternativa, ou seja, da necessidade de controle ($m_1 = 0,16$), e a linha S0, a de aceitar a hipótese nula, a qual, recomenda-se não realizar o controle do percevejo-barriga-verde da área amostrada ($m_0 = 0,07$), representa que o número mínimo de *D. melacanthus* amostrados para aceitar a hipótese alternativa (H1) de necessidade de controle é de 6 percevejos (Figura 3.6). Também é possível observar que no mínimo são necessárias 30 amostras com contagem nulas para aceitar a hipótese nula. Porém, este gráfico tem maior aplicação científica, não sendo fácil de interpretar e utilizar em cenário de campo. Portanto, é comum representá-lo em forma de tabela.

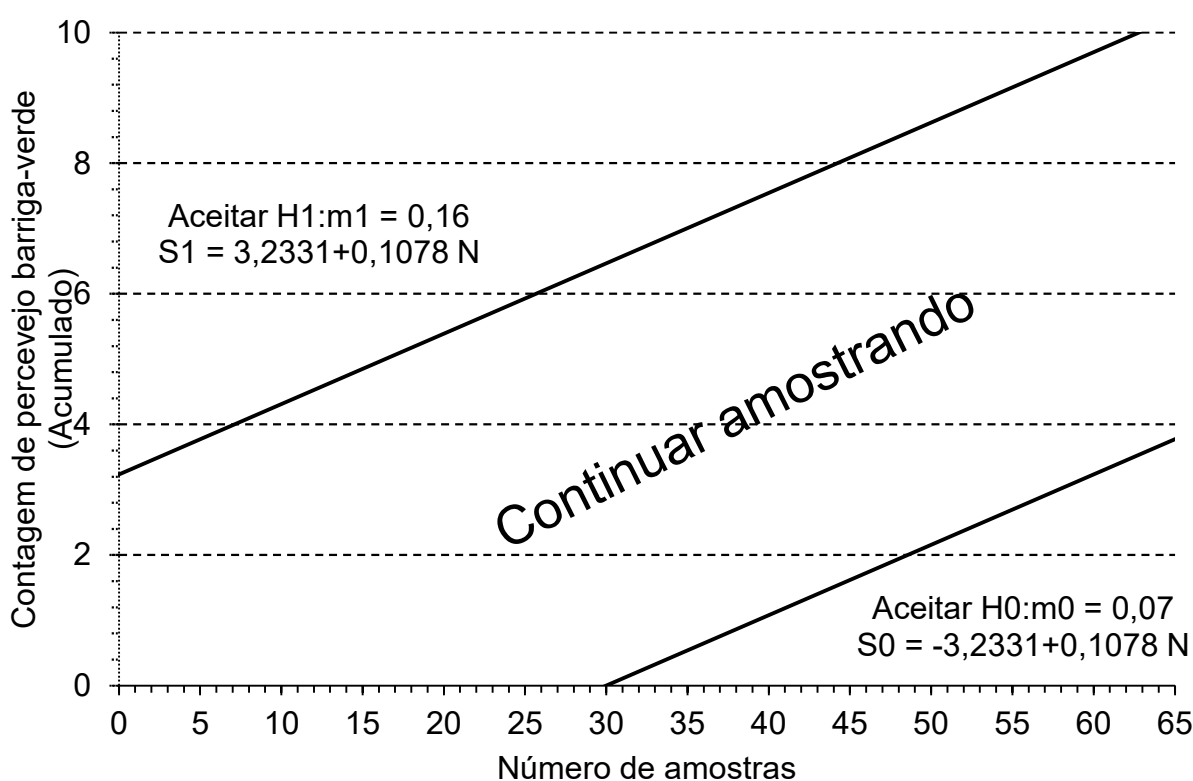


Figura 3.7. Plano de amostragem sequencial construída com a distribuição binomial negativa, sendo a hipótese alternativa (H1) de aceitar a necessidade de controle, hipótese nula (H0) de rejeitar necessidade de controle, linha de decisão de controle (S1) e linha de decisão de não controlar (S0) para *Diceraeus melacanthus* em milho. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

A tabela de plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial binomial negativa oferece maior facilidade de entendimento (Tabela 3.8). Para segui-la deve-se utilizar a unidade amostral de $0,25 \text{ m}^2$ e contar o número de *D. melacanthus* presente nestas, sendo que este número deve ser acumulado após cada amostragem. Se o total de percevejo amostrado for maior ou igual ao número

correspondente da coluna direita, deve-se aceitar a hipótese nula (H_0) de que não há necessidade de controle, mas se o número total de percevejo-barriga-verde for menor ou igual ao da coluna da esquerda deve-se aceitar a H_0 . Se o número total amostrado ficar entre os valores das duas colunas, deve-se então continuar amostrando até realizar 13 amostras compostas (65 pontos amostrais), se o valor amostrado continuar entre as duas colunas deve-se suspender a amostragem e refazê-la a no máximo três dias após. No caso seriam 65 pontos amostrais com uma soma entre cinco e nove percevejos, densidade de 0,08 e 0,14 percevejo/0,25 m², respectivamente. Recomenda-se no mínimo seis amostras compostas para tomar a decisão de controle, considerando o nível de controle de 0,16 *D. melacanthus* por 0,25 m².

Fernandes et al., (2022), determinaram um plano de amostragem, construído com distribuição binomial negativa, para o *D. melacanthus* em milho com valores de linhas de decisão similares, sendo pouco maiores que do presente trabalho, porém seu método de amostragem era direto em plantas, não com quadrantes de amostragem de tamanho definido, seu número total de amostras foi de 26, composta por aproximadamente 130 plantas (cinco plantas por amostra). Um plano de amostragem com tamanho de área determinado pode ser menos custoso do que avaliar plantas, além de também estar amostrando palhada, local onde o inseto se encontra com grande frequência. Aita et al. (2021) desenvolveram oito planos de amostragem sequencial binomial, para um total de 17 espécies de Pentatomidae que atacam a soja na região centro-oeste dos Estados Unidos da América, os planos de amostragem foram realizados com passada de rede e os autores prezaram pelo plano de amostragem com menor erro. A escolha por planos de amostragem com os menores valores de erro-padrão aceitável ($< 0,10$) podem resultar em números extensivos de amostras, também possuem aplicação mais científica do que para uso a campo, uma vez que o custo de realizar a amostra inviabiliza sua utilização por técnicos e produtores. O plano de amostragem binomial negativo se mostra custoso (tempo), devido à necessidade de contar *D. melacanthus* amostrados, portanto um plano de amostragem em que não há necessidade de contar indivíduos pode ser mais fácil e rápido, com maior chance de ser utilizado para amostragens a campo para determinar a necessidade de controle ou não de pragas.

Tabela 3.8. Plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial construído segundo a distribuição binomial negativa, com limite superior (m_1) e inferior (m_0) de nível de controle para *Diceraeus melacanthus* em milho, sendo a hipótese nula (H_0) de não necessidade de controle. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023

N° de amostras	Aceitar H_0	\leq Continuar amostrando \geq	Rejeitar H_0
1	-		4
2	-		4
3	-		5
4	-		5
5	-		6
6	0		6
7	0		7
8	1		8
9	2		8
10	2		9
11	3		9
12	3		10
13	4		10
$S_0 = -3,2331 + 0,1078 N$	$m_0 = 0,07$		$\alpha = 0.10$
$S_1 = 3,2331 + 0,1078 N$	$m_1 = 0,16$	$k = 0,498$	$\beta = 0.10$

A curva operacional de probabilidade de aceitar a hipótese nula (COp), mostra que 90 % das tomadas de decisão serão contempladas respeitando o limite inferior de 0,07 percevejo/0,25 m² (Figura 3.7A). Assumindo um erro de somente 10 % (α e $\beta = 0,1$). O número médio de amostras (NMA) sofre um crescimento maior para a densidade de 0,11 percevejo/0,25m², com 81 pontos amostrais sendo necessários para aceitar a hipótese nula (Figura 3.7B). No caso de uma densidade de 0,16 percevejo/0,25 m² na área amostrada, são necessários pelo menos 50 pontos amostrais para tomar a decisão. A curva COp é muito importante para avaliar a qualidade do plano de amostragem, uma vez que indica a possibilidade de assumir o erro tipo 1 de recomendar controle quando não há necessidade, representado pelo valor de alfa utilizado no cálculo da COp, e o erro tipo 2, representado pelo valor de beta, de não recomendar controle quando há necessidade (Naranjo e Hutchison, 1997). O erro tipo 2 sendo o mais custoso para o produtor devido ao potencial de dano de *D. melacanthus*. Para o cálculo de todas as COp e NMA deste trabalho alfa e beta foram considerados 0,1.

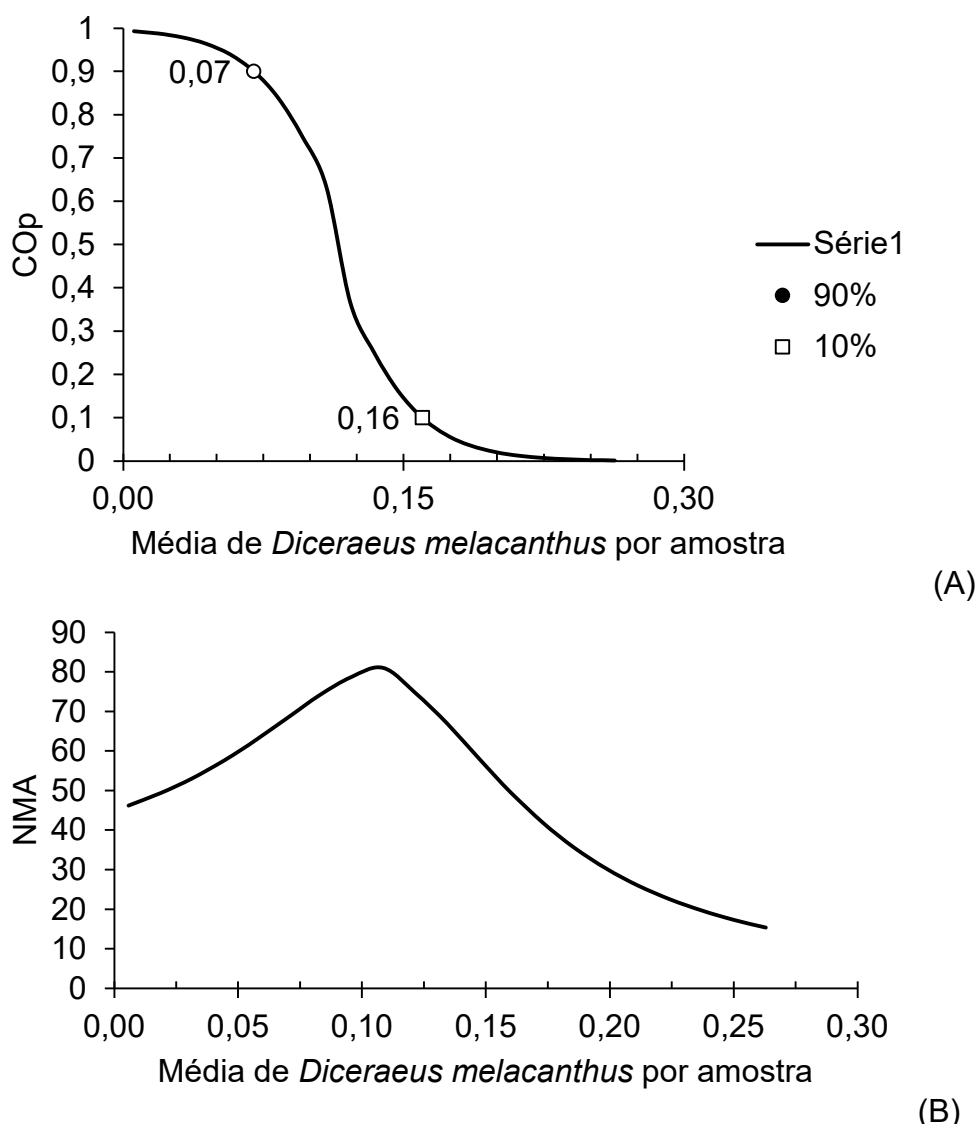


Figura 3.8. Curva operacional de probabilidade para aceitar a hipótese nula (COp) (A) e número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (B) para o plano de amostragem confeccionado com padrão de distribuição binomial negativo. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

Um plano de amostragem de presença-ausência apresenta uma facilidade maior de avaliação por não haver necessidade de contar insetos, mas sim, anotar o número de presenças detectadas na amostra de 0,25 m². A linha de decisão calculada para a hipótese alternativa de necessidade de controle (H1), demonstrou que o número máximo de pontos amostrais que recomenda o controle é de 60 (Figura 3.9). A linha de decisão da hipótese nula, de sem necessidade de controle (H0), revela que o número mínimo de amostras para rejeitar ou aceitar esta, é de 25. Percebe-se que a diferença entre as linhas de decisão de ambos os planos de amostragem binomiais é pequena, o que representa modelos semelhantes, sendo que a principal diferença entre o cálculo de ambas é que a binomial negativa considera o valor de parâmetro

da binomial negativa (k), o qual, no caso de *D. melacanthus* avaliado neste ensaio foi de 0,498, um valor que se fosse menor levaria a uma maior diferença entre os dois planos de amostragem.

Assim como na figura 3.8, este também tem maior aplicação científica do que aplicação a campo, então para garantir melhor compreensão deve ser expresso em formato de tabela de plano de amostragem (Tabela 3.9).

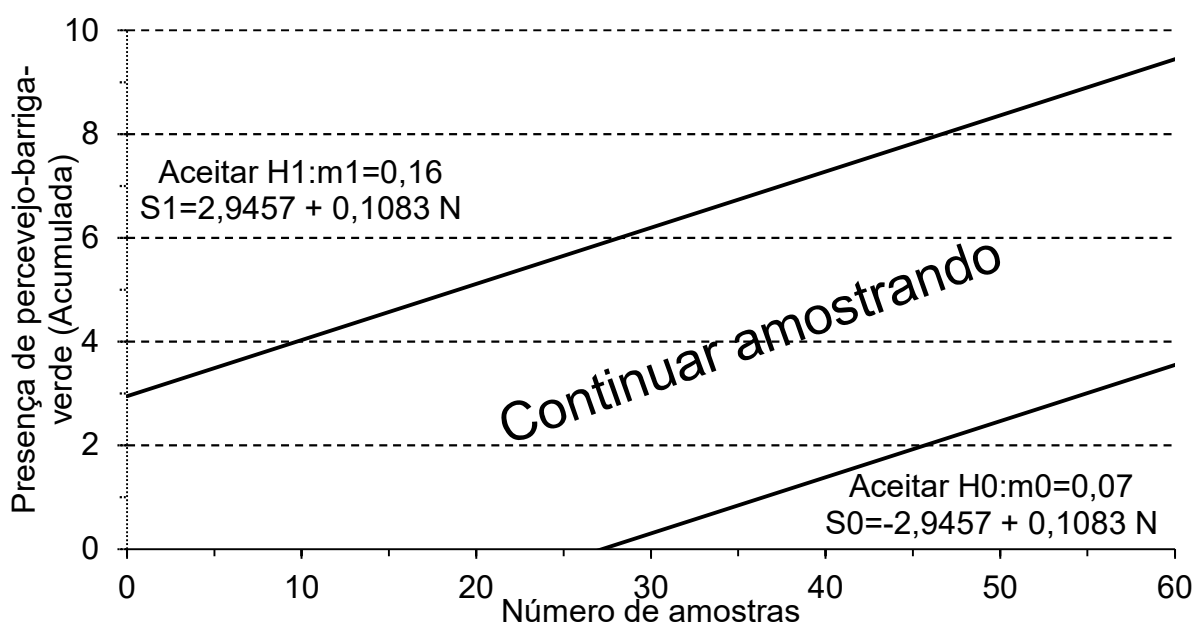


Figura 3.9. Plano de amostragem sequencial de presença-ausência construída com a distribuição binomial positiva, sendo a hipótese alternativa (H1) de aceitar a necessidade de controle, hipótese nula (H0) de rejeitar necessidade de controle, linha de decisão de controle (S1) e linha de decisão de não controlar (S0) para *Diceraeus melacanthus* em milho. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

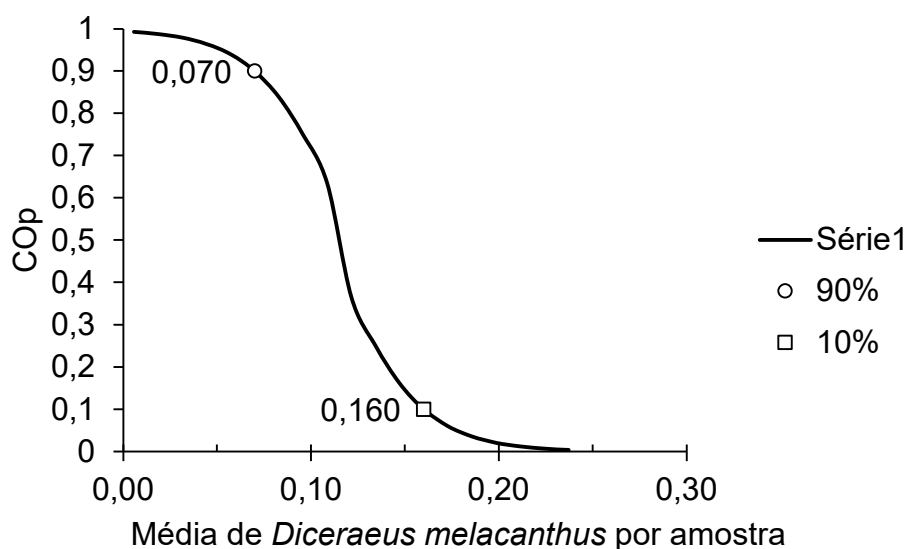
A tabela de plano de amostra composta (cinco pontos amostrais) de presença-ausência oferece maior praticidade e rapidez do que o plano de amostragem sequencial binomial negativo (Tabela 3.8 e 3.9). Para segui-la deve-se utilizar a unidade amostral de 0,25 m² e contar a presença de percevejo-barriga-verde nestas, sendo que este número deve ser acumulado após cada ponto amostral. Se o total de presença de *D. melacanthus* acumulado for superior ou igual ao número correspondente da coluna direita, deve-se rejeitar a hipótese nula (H0), de que não há necessidade de controle, mas se o número total de presenças for inferior ou igual ao da coluna da esquerda deve-se aceitar a H0, de sem necessidade de controle. Se o número total de presenças ficar entre os valores das duas colunas, deve-se então continuar amostrando até realizar 60 pontos amostrais, se o valor contabilizado de

presenças continuar entre as duas colunas deve-se suspender a amostragem e refazê-la a no máximo três dias após. É recomendado no mínimo 25 pontos amostrais para tomar a decisão. Os planos de amostragem de presença-ausência desenvolvidos por Aita et al. (2021), para Pentatomidae que atacam soja no centro-oeste dos Estados Unidos da América, podem ser finalizadas com poucas amostragens, por exemplo com 75% de amostras infestadas, somente nove amostras são necessárias para tomar a decisão de controlar. No presente trabalho, recomenda-se no mínimo 25 amostras somando seis presenças (0,24 presenças por 0,25 m²) para tomar a decisão de controle, considerando o nível de controle de 0,8 *D. melacanthus* por m². Contudo, as tomadas de decisão deste plano de amostragem são rápidas para áreas com alta densidade populacional de percevejo-barriga-verde. Portanto, este plano se mostra como o mais viável à uma aplicação a campo para auxiliar nas tomadas de decisão pela sua praticidade de somente amostrar presença, também pela sua rapidez em determinar áreas com alta densidade populacional e necessidade de controle.

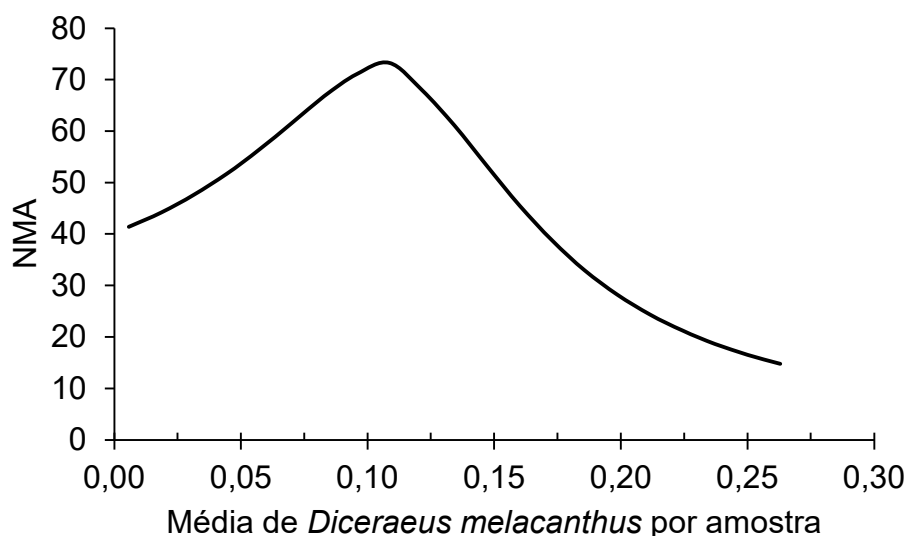
Tabela 3.9. Plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial de presença-ausência com limite superior (m_1) e inferior (m_0) de nível de controle para *Diceraeus melacanthus* em milho, sendo a hipótese nula (H_0) de não necessidade de controle. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Nº de amostras	Aceitar H_0	\leq Continuar amostrando \geq	Rejeitar H_0
1	-		3
2	-		4
3	-		5
4	-		5
5	0		6
6	0		6
7	1		7
8	1		7
9	2		8
10	2		8
11	3		9
12	4		9
$S_0 = -2,9457 + 0,1083 N$	$m_0 = 0,07$		$\alpha = 0.10$
$S_1 = 2,9457 + 0,1083 N$	$m_1 = 0,16$		$\beta = 0.10$

A curva operacional de probabilidade de aceitar a hipótese nula ressalva que 90 % das tomadas de decisão de aceitá-la, respeitam a densidade de 0,07 percevejo/0,25 m², aceitando-se um erro de 10 % (α e $\beta = 0,1$) (Figura 3.9A). A curva de número médio de amostras (NMA) sofre um crescimento maior para a densidade de 0,11 presenças/0,25 m², resultando em 73 pontos amostrais em média para tomar a decisão de não necessidade de controle. Para uma densidade de 0,16 presenças são necessárias no mínimo 46 pontos amostrais para tomar a decisão.



(A)



(B)

Figura 3.10. Curva operacional de probabilidade (COp) (A) e número médio de amostras (B), para aceitar a hipótese nula do plano de amostragem feito com distribuição binomial positiva de presença-ausência. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

O plano de amostragem sequencial enumerativo demonstrou um número máximo de pontos amostrais de 65 (Figura 3.10). Sendo que são necessárias no mínimo 20 pontos amostrais nulos para aceitar a H_0 , de não necessidade de controle. Já o maior número de amostras necessárias para rejeitar a H_0 , é de 58 amostras. Vale ressaltar que este plano foi construído considerando somente a correção do tamanho da unidade de amostra para o nível de controle, ou seja, o limite superior de controle foi considerado 0,26 e o inferior de 0,14 percevejo/0,25m², ($\pm 30\%$) respectivamente, do nível de controle estabelecido de 0,8 *D. melacanthus* por metro quadrado (Duarte, Àvila e Santos, 2015). Para melhor representar este resultado foi construída uma tabela do plano de amostragem.

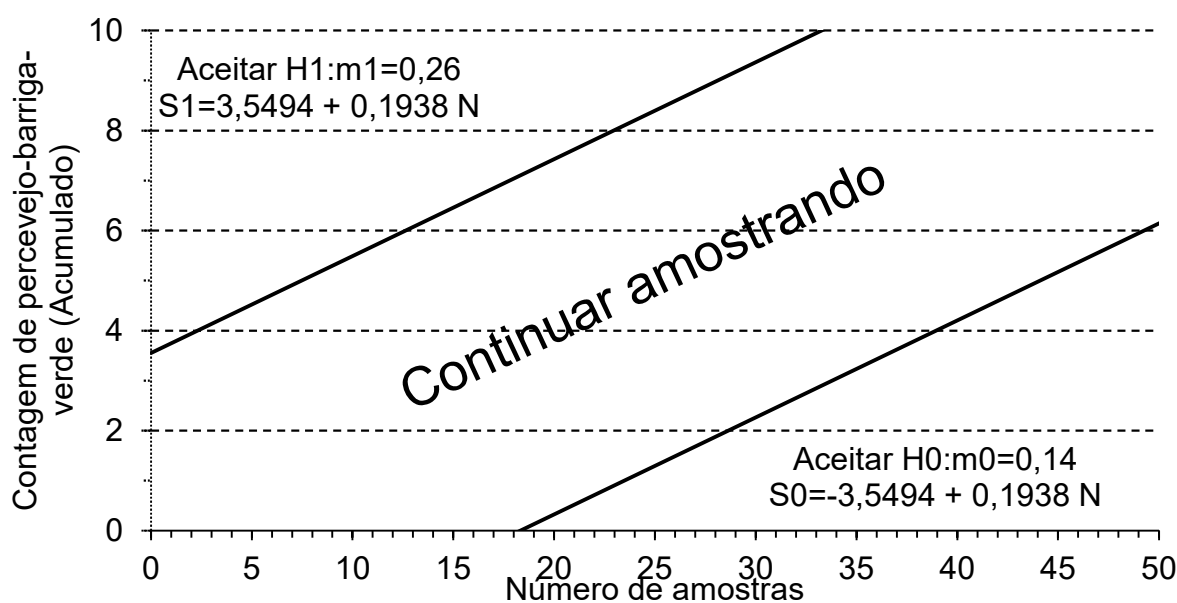


Figura 3.11. Plano de amostragem sequencial enumerativo, sendo a hipótese alternativa (H1) de aceitar a necessidade de controle, hipótese nula (H0) de rejeitar necessidade de controle, linha de decisão de controle (S1) e linha de decisão de não controlar (S0) para *Diceraeus melacanthus* em milho. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

A tabela do plano de amostragem sequencial enumerativo consta que se forem amostrados pelo menos quatro *D. melacanthus* em no mínimo de uma amostra deve-se cessar a amostragem e aceitar a hipótese alternativa de necessidade de controle (Tabela 3.8). Para realizar este plano de amostragem deve-se utilizar a unidade de amostra de 0,25 m² e contabilizar quantia de *D. melacanthus* amostrados, de formula cumulativa, caso o número seja igual ou inferior ao da coluna direita, dado o respectivo número de amostras, deve-se aceitar a hipótese nula de sem necessidade de controle, caso o valor seja igual ou maior ao valor da coluna direita, deve-se aceitar a hipótese alternativa, ou seja, de necessidade de controle, porém se o valor ficar entre estes valores deve-se continuar amostrando até 65 amostras, se mesmo assim o número de percevejos amostrados continuar entre as duas colunas, então recomenda-se cessar a amostragem e repeti-la novamente em um período de máximo de três dias. Recomenda-se no mínimo 21 amostras, contando-se sete percevejos barriga-verde para recomendar o controle, pois até 21 amostras, se o número de *D. melacanthus* amostrados for de zero, pode-se aceitar a hipótese nula de não controlar. Este plano de amostragem foi o com menor número de amostras, porém com maior número de insetos contados necessários para aceitar a hipótese alternativa, até 16 indivíduos. Este plano de amostragem é mais simples por não seguir uma distribuição padrão como os outros, porém seus resultados são também

pertinentes por ser construído, assim como os outros, com somente 10 % de erro assumido.

Tabela 3.10. Plano de amostragem composta (cinco pontos amostrais) sequencial enumerativo com limite superior (m_1) e inferior (m_0) de nível de controle para *Diceraeus melacanthus* em milho, sendo a hipótese nula (H_0) de não necessidade de controle. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Nº de amostras	Aceitar H_0	\leq Continuar amostrando \geq	Rejeitar H_0
1	-		5
2	-		5
3	-		6
4	0		7
5	1		8
6	2		9
7	3		10
8	4		11
9	5		12
10	6		13
$S_0 = -3,5494 + 0,1938 N$	$m_0 = 0,14$		$\alpha = 0.10$
$S_1 = 3,5494 + 0,1938 N$	$m_1 = 0,26$		$\beta = 0.10$

A curva operacional de probabilidade de aceitar a hipótese nula (COp) consta que 90 % das tomadas de decisão de aceitar a hipótese nula são tomadas com uma densidade de até 0,14 percevejo/0,25 m² (Figura 3.9A). Sendo que se aceita um erro de 10 % (α e $\beta = 0,1$). Portanto, menos de 10 % das tomadas de decisão de aceitar a hipótese nula são tomadas para uma densidade maior que 0,26 percevejo/0,25 m². O número médio de amostras para aceitar a hipótese nula aumenta numa densidade de 0,19, sendo necessárias 65 amostras para aceitar a hipótese nula (Figura 3.9B). Para uma densidade de 0,14 percevejos/0,25 m², são necessárias em média 53 amostras para aceitar a hipótese nula.

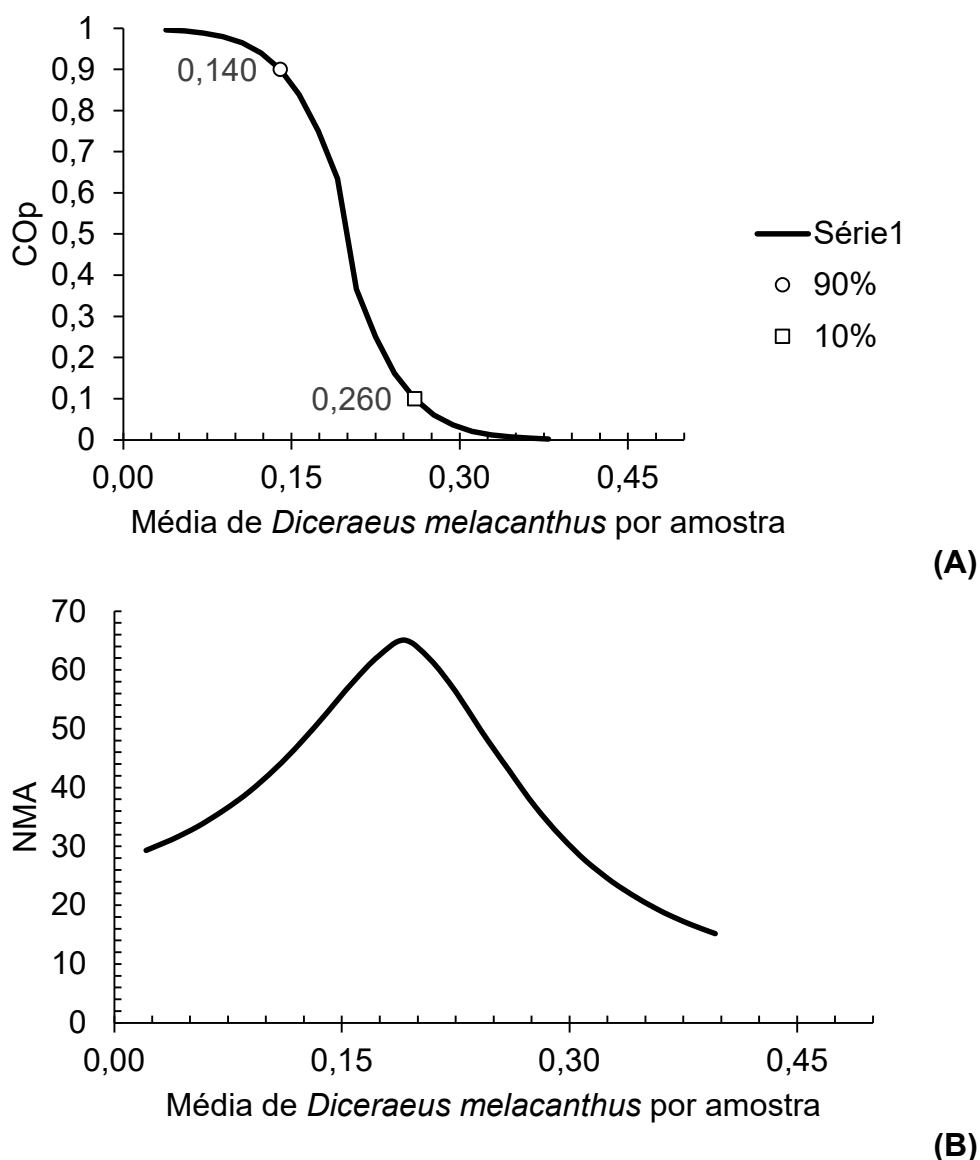


Figura 3.12. Curva operacional para aceitar a hipótese nula (COp) (A) e número médio de amostras para aceitar a hipótese nula (B) para o plano de amostragem sequencial enumerativo. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

A Lei de Potência de Taylor resultou nos coeficientes $a = 5,2392$ e $b = 1,4665$ (Figura 3.12). O coeficiente b geralmente está vinculado à espécie, sendo relacionado à agregação espacial da espécie, mas pode ser afetado pela mortalidade, mobilidade da população ou tamanho amostral utilizado. Esta equação da Lei de Potência de Taylor foi calculada com 117 avaliações compostas por 20 pontos amostrais cada, sete avaliações a menos do total de 124 devido ao fato destas avaliações serem nulas (Anexo 3). O coeficiente de determinação da regressão de potência foi de 0,87, e o valor do coeficiente b (1,4665) está em acordo com a maioria das espécies com comportamento agregado estudadas na literatura, as quais se aproximam de 1,5 (Southwood e Henderson, 2009).

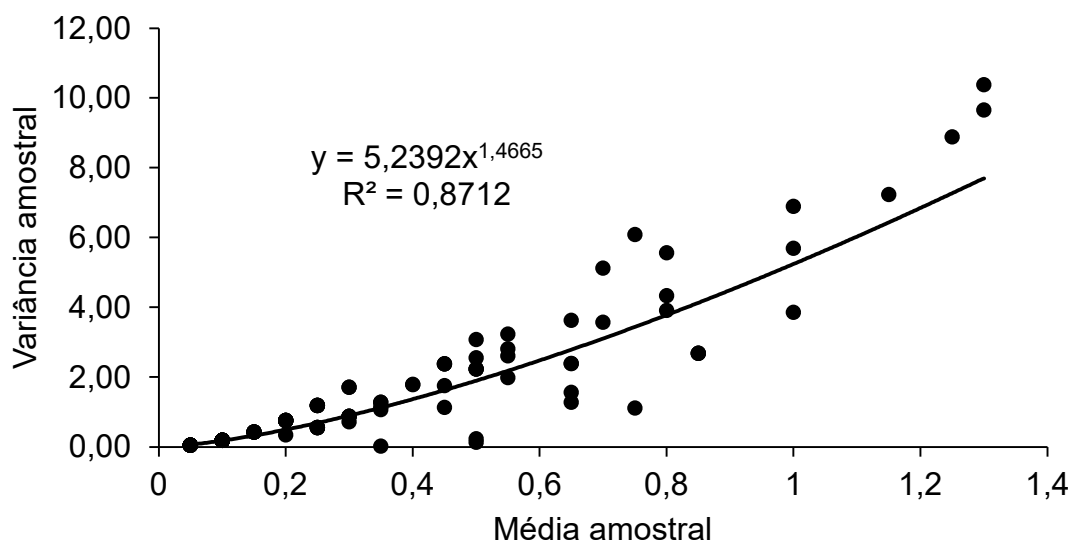


Figura 3.13. Regressão da Lei de Potência de Taylor construída com amostras retiradas em seis municípios do norte do Paraná, totalizando 117 avaliações compostas por 20 pontos amostrais cada. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

O plano de amostragem sequencial construído com base nos coeficientes da Lei de Potência de Taylor foi realizado seguindo a equação proposta por Green (1970), e o número máximo de amostras é definido em 270 (Figura 3.13). O limite de controle foi considerado 0,26 percevejo/0,25 m². Para seguir este plano de amostragem deve-se utilizar a unidade amostral de 0,25 m², considerando a amostragem composta por cinco pontos amostrais, e contar o número de *D. melacanthus* encontrados, sendo este número cumulativo, se o número de insetos amostrados for maior que o valor representado na linha de decisão, dado o respectivo número de amostras compostas feitas, determinará necessidade de controle. Recomenda-se no máximo 54 amostras compostas (270 pontos amostrais), amostrando-se no mínimo 30 percevejos para aceitar-se a necessidade de controle. Recomenda-se no mínimo 20 amostras compostas (100 pontos amostrais) somando 72 percevejos para tomar a decisão.

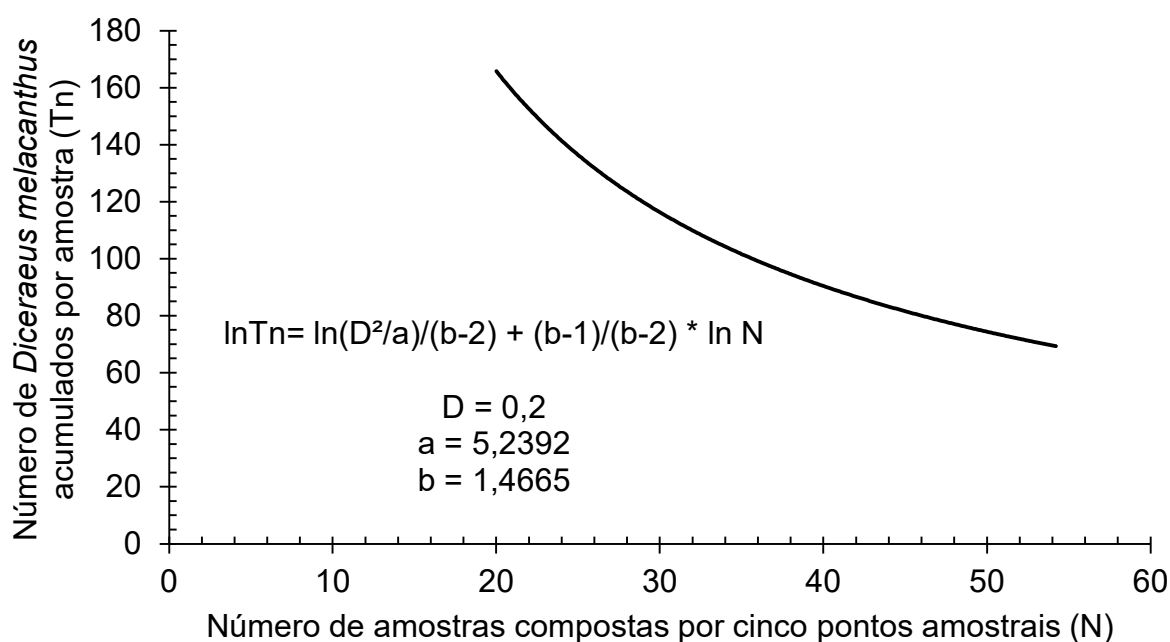


Figura 3.14. Plano de amostragem baseado na Lei de Potência de Taylor ($a = 5,2392$ e $b = 1,4665$) considerando nível constante de precisão de 20 %. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

Os planos de amostragem desenvolvidos para o percevejo-barriga-verde devem ser realizados a partir da colheita da soja, até a fase fenológica V4 do milho, momento em que o percevejo não tem potencial de causar danos devido ao engrossamento do colmo, mais que 1,5 cm de diâmetro, o que dificulta a alimentação sob o xilema e tecido parenquimatoso da planta (Bianco, 2017; Panizzi e Lucini, 2019). Os intervalos de amostragens podem ser semanais em caso de decisão de não controlar. Caso a decisão seja de controle de *D. melacanthus*, deve-se respeitar o intervalo de segurança do produto aplicado. Após o intervalo pode-se realizar novamente amostragens caso o milho ainda não tenha atingido a fase fenológica descrita anteriormente. Dos quatro planos de amostragem apresentados, o mais prático é o de presença-ausência devido ao menor custo e por não necessitar a contabilização dos insetos na área. O plano de amostragem sequencial feito com os coeficientes da Lei de Potência de Taylor requer vários insetos encontrados com poucas amostras para recomendar o controle, os outros planos de amostragem sendo o contrário. Portanto, deve-se ter cautela ao executar todos estes planos de amostragem e prezar sempre por uma amostragem aleatória, evitando escolher ponto de amostragem. Recomenda-se mais trabalhos que estudam Lei de Potência de Taylor para o *D. melacanthus*, com diferentes tamanhos amostrais para verificar a semelhança dos coeficientes. Os planos de amostragem desenvolvidas neste trabalho

devem ainda ser validados, para então servirem como possíveis métodos de amostragem em um sistema de manejo integrado. Todos os planos de amostragem apresentam uma possibilidade de subdivisão de amostragens, pois ocorre repetição nos números de tomada de decisão, de aceitar cada uma das hipóteses, isso possivelmente encurtaria as tabelas de plano de amostragem e facilitaria sua aplicação a campo. É recomendado mais trabalhos que determinam o parâmetro de distribuição da binomial negativa (k) de *D. melacanthus* para verificar se há padrão para espécie. Estes planos apresentados em conjunto com plano de amostragem desenvolvido por Fernandes et al., (2022), fomentam tecnologias e informações para que o controle de percevejo-barriga-verde seja cada vez mais ecológico e preciso, aumentando a rentabilidade da produção de milho.

3.6 CONCLUSÕES

D. melacanthus apresenta disposição agregada que pode ser representada por uma distribuição binomial negativa na cultura do milho.

O tamanho da unidade amostral recomendado para realizar, no período de pós-colheita da soja até a fase fenológica V4 do milho, para o percevejo-barriga-verde é de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m).

Dentre os quatro planos de amostragem desenvolvidos, o plano amostral binomial positivo de presença-ausência leva vantagem devido à facilidade e menor tempo gasto na avaliação, mantendo igual precisão.

4 ARTIGO B – NÚMERO POTENCIAL DE GERAÇÕES ANUAIS DE *Diceraeus melacanthus* NO ESTADO DO PARANÁ

4.1 RESUMO

O manejo eficaz de insetos-praga requer compreensão de sua ecologia e biologia. No estado do Paraná, uma região chave na produção de milho, destaca-se o percevejo-barriga-verde [*Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851)], uma praga chave que se alimenta de plântulas, causando distúrbios fisiológicos que podem levar estas plantas à morte. Contudo, sua distribuição e potencial reprodutivo no estado ainda não foram completamente compreendidos. Com base em um estudo publicado em 2019, buscou determinar a temperatura base inferior (T_b) e superior (T_{sup}) de desenvolvimento do *D. melacanthus*, também sua constante térmica (K), para resultar na representação do potencial do número de gerações anuais deste inseto no estado do Paraná. A T_b e T_{sup} foram determinadas a 14,2 e 32,7 °C, respectivamente, com valor de K de 341 grau dias, sendo a faixa ótima de desenvolvimento entre 18 e 27 °C. Foi possível gerar um mapa de calor representando o potencial de gerações anuais do inseto por todo o estado do Paraná. As regiões norte, noroeste e oeste do Paraná apresentam o maior número de gerações anuais do percevejo-barriga-verde, implicando maior risco para os municípios líderes na produção de milho de segunda safra. Assim, ao planejar o cultivo de milho nessa região, o número de gerações anuais de *D. melacanthus* pode ser considerado como um indicador de risco. Esse estudo ressalta a importância de entender a ecologia dos insetos-praga para implementar estratégias de manejo mais eficientes na agricultura.

Palavras-chave: Temperatura basal, Constante térmica, Percevejo-barriga-verde, Número de gerações anuais, Estado do Paraná.

4.2 ABSTRACT

Effective insect pest management requires understanding their ecology and biology. In the Paraná state, a key region for maize cultivation, the green-belly stink bug [*Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851)] stands out, as a key pest that feeds on seedlings, causing physiological disorders which may lead to plant death. However, its distribution and reproductive potential in the state have not yet been completely understood. Based on a study published in 2019, this study sought to determine the lower (T_b) and upper (T_{sup}) base temperature of *D. melacanthus* development, as well as its thermal constant (K), which results represent the potential number of annual generations of this insect in the state of Paraná. T_b and T_{sup} were determined at 14.2 and 32.7 °C, respectively, with a K value of 341 degree days, and the optimum development range being between 18 and 27 °C. A heat map was generated representing the potential annual generations of the insect throughout the state of Paraná. The north, northwest and west regions of Paraná have the highest number of annual generations of the green-belly stink bug, implying a greater risk for the municipalities that are leaders in the production of second-season maize. Therefore, when planning corn cultivation in this region, the number of annual generations of *D. melacanthus* could be considered as a risk indicator. This study highlights the importance of understanding the ecology of insect pests to implement more efficient management strategies in agriculture.

Key-words: Lower development threshold, Thermal constant, Green-belly stink bug, Generation potential, Paraná State.

4.3 INTRODUÇÃO

Conhecer a ecologia e biologia de insetos que são considerados pragas é essencial para desempenhar manejos com maior eficiência (Brustolin, Bianco e Neves, 2011; Carvalho, 2007; Chocorosqui e Panizzi, 2004). Fatores abióticos como a temperatura, umidade e fotoperíodo afetam diretamente o desempenho, viabilidade e qualidade do desenvolvimento e sobrevivência de insetos (Hardie, 2001). Dentre os insetos considerados praga destaca-se o percevejo-barriga-verde *Diceraeus melacanthus* (Heteroptera: Pentatomidae), um inseto polífono capaz de se alimentar de diversas plantas, sendo as três principais de importância agrícola: soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*) e o trigo (*Triticum sp.*) (Bianco e Nishimura, 1998; Chocorosqui & Panizzi, 2004; Manfredi-Coimbra et al., 2005). No estado do Paraná se cultiva estas três culturas durante o ano agrícola, sendo que diferentes regiões do estado se destacam por quantia produzida, com isso, *D. melacanthus* tem potencial alimentar por todas estas regiões produtivas do estado em diferentes épocas do ano (CONAB, 2020; SEAB/DERAL, 2023).

O estado do Paraná está situado numa região de transição entre clima subtropical úmido com verões quentes (Cfa) e de clima temperado úmido com verões amenos (Cfb), segundo a classificação de Köppen (Beck et al., 2018). Tal diferença climática permite o cultivo de culturas com diferentes necessidades climáticas de temperatura e precipitação em seu território (CONAB, 2020; SEAB/DERAL, 2023). Esta diferença climática também possivelmente afeta a distribuição de insetos no território do estado, seja pela impossibilidade de cultivar culturas específicas em uma região ou pela região apresentar temperaturas que não permitem que o inseto complete seu ciclo de desenvolvimento.

Para a maioria dos insetos se desenvolverem é necessário ter acúmulo de nutrientes e umidade em temperaturas favoráveis (Showalter, 2011). O fotoperíodo e temperatura estão principalmente ligados com o metabolismo do inseto, sendo que cada representa limites específicos, e podem afetar diretamente o comprimento do ciclo de desenvolvimento do inseto (Hardie, 2001). O percevejo-barriga-verde tem em média um ciclo de 27 dias quando criado a uma temperatura média de 25 °C, esta duração de ciclo pode ser encurtada em temperaturas maiores ou aumentada em temperaturas menores, mas representa limites, sendo chamados de temperatura base superior e inferior de crescimento (Oliveira et al., 2019; Pereira, Tonell e Salvadiri, 2007). Não se conhece o potencial de multiplicação de *D. melacanthus* no estado do

Paraná, más conhecer este potencial seria de grande importância para entender os aumentos populacionais em certas regiões produtivas e até a ausência desta espécie em algumas regiões do estado do Paraná. Uma forma intuitiva de representar o número de gerações potenciais de um inseto é através de mapas de calor, os quais indicam regiões com maior potencial e menor número de gerações (Merril et al., 2008; Régnière, St-Amant e Duval, 2012; Kistner, 2017; Gilioli et al., 2023; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Podem ser construídos utilizando registros de temperaturas históricas, e são específicos para latitude, longitude e altitude das regiões no mapa gerado.

Portanto, este trabalho objetivou determinar a temperatura base inferior (T_b) e superior (T_{sup}) de crescimento, a constante térmica (K) e gerar um mapa de calor do número de gerações anuais de *D. melacanthus* no estado do Paraná.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Ambiente de Estudo

Os dados utilizados neste estudo foram retirados do artigo que estudou a biologia de *D. melacanthus* com dois ensaios (2017 e 2019) dos autores Oliveira et al. (2019). Neste trabalho o percevejo-barriga-verde foi criado em cinco temperaturas constantes de 16, 21, 26, 31 e 36 °C \pm 1°C e fotofase/escotofase de 14/10 horas dentro de câmaras climáticas, sendo que somente a temperatura de 16 °C não permitiu que os insetos completassem o ciclo até adulto. Os insetos foram alimentados com grãos de amendoim (*Arachis hypogaea*), grãos de soja e vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*), e no interior do recipiente de criação foi colocado um algodão umedecido para garantir umidade aos insetos. O tempo de desenvolvimento destes insetos, em suas respectivas temperaturas, foram utilizados para desempenhar a construção do mapa de calor do número de gerações anuais do percevejo-barriga-verde no estado do Paraná.

4.4.2 Conceito de avaliação

Os dados de tempo de eclosão, troca de instar e desenvolvimento completo de percevejo-barriga-verde foram tabulados (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Tempo para eclosão, troca de cada instar e total do desenvolvimento de *Diceraeus melacanthus*.

Ano de criação	2017				2019			
Temperatura (°C)	21	26	31	36	21	26	31	36
Dias até eclosão	8	5	3	3	8	5	4	3
Dias 1° instar	6	3	2	2	5	3	1	1
Dias 2° instar	10	6	4	3	11	5	4	4
Dias 3° instar	9	5	2	2	8	4	3	2
Dias 4° instar	11	5	3	2	12	4	3	3
Dias 5° instar	14	7	4	4	13	6	4	3
Ciclo total	58	30	18	16	57	27	18	17

Fonte: de Oliveira et al., (2019)

A partir dos dias de desenvolvimento total de *D. melacanthus* foram calculados os padrões biológicos: temperatura base inferior de crescimento (T_b), temperatura base superior de crescimento (T_{sup}) e constante térmica (K). O “biofix”, ou seja, o momento considerado como início de acúmulo de graus-dia foi estabelecido para a fase de eclosão de ovo. Em seguida foram calculados os valores de graus-dia (GD), graus-dia acumulado (GDA) e número de gerações anuais (NGA). Estes dados foram posteriormente utilizados para construir o mapa de calor de número médio de gerações anuais do percevejo-barriga-verde no estado do Paraná. Os dados meteorológicos utilizados neste estudo foram fornecidos pelo departamento de meteorologia do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), sendo composto de 39 anos (1976-2015), de dados recolhidos em 28 municípios no estado do Paraná, a data limite de 2015 se deve à disponibilidade de dados para os 28 municípios, após 2015 há dados ausentes e municípios ausentes. Os 28 municípios sendo Antonina, Bandeirantes, Bela Vista do Paraíso, Cambará, Cândido de Abreu, Cascavel, Cerro Azul, Clevelândia, Fernandes Pinheiro, Francisco Beltrão, Guarapuava, Guaraqueçaba, Ibiporã, Joaquim Távora, Lapa, Londrina, Morretes, Nova Cantú, Palmas, Palotina, Paranavaí, Pato Branco, Pinhais, Planalto, Ponta Grossa, São Miguel do Iguçu, Telêmaco Borba e Umuarama. A latitude e longitude destes municípios foi considerada como das suas respectivas estações meteorológicas. A altitude destes municípios foi obtida de dados fornecidos pelo programa topográfico global da NASA, “The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global” (Farr et al, 2007).

4.4.3 Análise dos Dados

Para calcular a temperatura base inferior de crescimento (T_b), foi plotado uma regressão linear com a abcissa representando a temperatura de criação e a coordenada representando a taxa de desenvolvimento.

Fórmula 4.1 Taxa de desenvolvimento

$$TD = \frac{1}{\text{dias de ciclo}}$$

A temperatura base inferior de crescimento é representada na região onde a regressão linear cruza a abcissa, ou seja, onde a taxa de desenvolvimento é zero, também pode ser obtida pela razão entre o coeficiente de interceptação da reta com o eixo vertical (a) e o coeficiente angular (b).

A constante térmica (K) é obtida através da razão de um pelo coeficiente angular (b) da regressão formada anteriormente.

Fórmula 4.2 Constante térmica

$$K = \frac{1}{b}$$

A temperatura base superior de crescimento é obtida através da soma da temperatura base inferior de crescimento com a raiz da constante térmica.

Fórmula 4.3 Temperatura base superior de crescimento

$$T_{sup} = T_b + \sqrt{K}$$

onde:

T_b = temperatura base inferior de crescimento

K = constante térmica da espécie

Para calcular a faixa térmica ótima de desenvolvimento do inseto pode-se utilizar a T_b e K anteriormente calculadas e determinar os limites superior e inferior da zona ótima.

Fórmula 4.4 e 4.5 Limite superior da zona ótima (LS) e Limite inferior da zona ótima de crescimento (LI)

$$LS ({}^{\circ}C) = T_b + \frac{\left(\sqrt{T_b^2 + 4K}\right)}{2}$$

$$LI (C^{\circ}) = T_b + K^{\frac{1}{4}}$$

Pode-se calcular os dias necessários para o desenvolvimento do inseto nestes limites anteriormente determinados, sendo que os dias de desenvolvimento no limite superior da zona ótima é idêntico à temperatura calculada, e para o limite inferior utiliza-se a seguinte fórmula:

Fórmula 4.6 Dias de desenvolvimento do limite inferior da zona ótima de crescimento

$$\text{Dias de desenvolvimento do LI} = (K^3)^{\frac{1}{4}}$$

O cálculo de graus-dias para os 28 municípios do estado do Paraná seguiu a metodologia “método do retângulo” detalhada na publicação de De Melo, Tenente e de Oliveira (2006) (Figura 4.1).

Cálculo de graus dia (para um único dia)	Cálculo de graus dia acumulados																
<p>(1) Se $T_{\min} > T_b$ E $T_{\max} < T_{\text{sup}}$ Então: $GD = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b$</p> <p>(2) Se $T_{\min} < T_b$ E $T_{\max} < T_{\text{sup}}$ Então: $GD = \frac{(T_{\max} - T_b)^2}{2(T_{\max} - T_{\min})}$</p> <p>(3) Se $T_{\min} > T_b$ E $T_{\max} > T_{\text{sup}}$ Então: $GD = \frac{2(T_{\max} - T_{\min})(T_{\min} - T_b) + (T_{\max} - T_{\min})^2 - (T_{\max} - T_{\text{sup}})^2}{2(T_{\max} - T_{\min})}$</p>	$GDA = \sum_{i=1}^n GD_i$																
<p>Legenda:</p> <table border="0"> <tr> <td>GD</td> <td>graus dia</td> <td>T_b</td> <td>temperatura base inferior de crescimento (do organismo em questão)</td> </tr> <tr> <td>GDA</td> <td>graus dia acumulados</td> <td>T_{sup}</td> <td>temperatura base superior de crescimento (do organismo em questão)</td> </tr> <tr> <td>T_{\max}</td> <td>temperatura máxima ocorrida no dia</td> <td>n</td> <td>número de dias acumulados</td> </tr> <tr> <td>T_{\min}</td> <td>temperatura mínima ocorrida no dia</td> <td>i</td> <td>i-ésimo dia de contagem de graus dia</td> </tr> </table>		GD	graus dia	T_b	temperatura base inferior de crescimento (do organismo em questão)	GDA	graus dia acumulados	T_{sup}	temperatura base superior de crescimento (do organismo em questão)	T_{\max}	temperatura máxima ocorrida no dia	n	número de dias acumulados	T_{\min}	temperatura mínima ocorrida no dia	i	i-ésimo dia de contagem de graus dia
GD	graus dia	T_b	temperatura base inferior de crescimento (do organismo em questão)														
GDA	graus dia acumulados	T_{sup}	temperatura base superior de crescimento (do organismo em questão)														
T_{\max}	temperatura máxima ocorrida no dia	n	número de dias acumulados														
T_{\min}	temperatura mínima ocorrida no dia	i	i-ésimo dia de contagem de graus dia														

Figura 4.1. Método do retângulo para o cálculo de graus-dia (De Melo, Tenente e de Oliveira (2006).

Para o cálculo de graus-dia (GD) primeiramente foi realizada a média dos padrões biológicos anteriormente calculados para os anos de criação de 2017 e 2019, então foi calculado o graus-dia diário de cada um dos 39 anos avaliados de 28 municípios, utilizando as três fórmulas descritas na figura 4.1, respeitando as suas respectivas condições de relação entre temperatura base inferior e superior de crescimento, com temperatura máxima e mínima do dia. Através da soma destes valores diários obtém-se os graus-dia acumulado (GDA), para cada respectivo ano e município. Em seguida foi realizada a média entre os graus-dia acumulado (GDA) de cada ano em seu respectivo município, para obter-se a média de graus-dia acumulado (MGDA). Este valor final, o qual representa uma média de 39 anos de dados climáticos para cada município, foi então dividido pela constante térmica média (K), calculada entre os anos de criação, para finalmente obter o número de gerações anuais (NGA) para cada um dos 28 municípios e cada ano de criação.

Optou-se por utilizar o valor médio por acreditar que trabalhar com um valor médio entre os dois anos de criação retrataria melhor os dados obtidos durante este ensaio.

Obtendo-se o número médio de gerações anuais nos respectivos municípios, pode-se estender para o estado inteiro através de uma regressão linear

múltipla, a qual extrapola o número de gerações anuais, através de variações de latitude (decimal), longitude (decimal) e altitude (metros) do território Paranaense:

Fórmula 4.7 Regressão linear múltipla

$$a + b.Latitude + c.Longitude + d.Altitude$$

4.4.4 Programas Utilizados para os Cálculos

Para os cálculos de temperaturas basais superior e inferior de crescimento, constante térmica, graus-dias e regressão múltipla de número de gerações no estado do Paraná foi utilizado o programa matemático de planilha Microsoft Office Excel (versão Microsoft 365), e para construir o mapa de calor de número médio de gerações anuais de *D. melacanthus* no estado do Paraná foi utilizado o programa de livre acesso de informações geográficas QGIS (versão 3.28.12) (QGIS.org, 2023).

Os dados de latitude, longitude e altitude do estado do Paraná foram representados em forma de camadas individuais no programa QGIS, e por fim estes dados foram utilizados pelo programa na função Calculadora Raster para extrapolar a regressão linear múltipla, previamente calculada, para o estado do Paraná.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A regressão linear simples feita com os dados de 2017 resultou na equação de $(-0,045734 + 0,003072 x)$, e coeficiente de determinação (R^2) de 0,98 (Figura 4.2). Nota-se que a taxa de desenvolvimento de *D. melacanthus* é diretamente influenciada pela temperatura em que se desenvolve. Então, conforme aumenta a temperatura, a taxa de desenvolvimento diário de percevejo aumenta. A temperatura base inferior de crescimento (T_b) é o ponto em que a regressão atravessa a linha da abcissa, que neste caso resulta no valor térmico aproximado de 14,89 °C. Nota-se que as maiores taxas de desenvolvimento foram observadas nas temperaturas de 31 e 36 °C, de 0,055 e 0,061.dia⁻¹, respectivamente. Por mais que a diferença de temperatura é de 5 °C, a diferença na taxa de desenvolvimento é bem pequena, sendo de 0,006.dia⁻¹, o que possivelmente indica que 31 °C está na proximidade da temperatura base superior de desenvolvimento, uma vez que não há aumento significativo na temperatura de 36 °C. O percevejo *Euschistus heros* se desenvolve melhor entre as temperaturas de 22 a 28 °C, sendo considerado uma praga da soja, este contraste entre as duas espécies demonstra o maior potencial do percevejo *D. melacanthus* em

se espalhar por regiões mais quentes não só do estado do Paraná, mas do Brasil também, sendo agravante pelo fato de percevejo-barriga-verde atacar a soja também (Cividanes e Parra, 1994; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023)

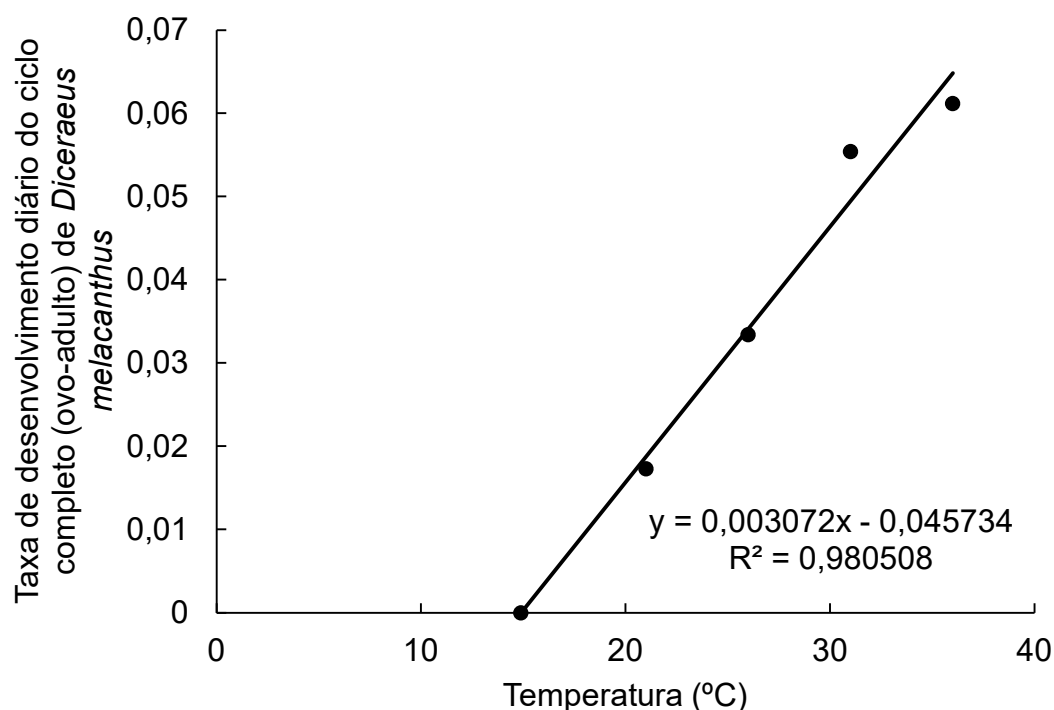


Figura 4.2. Regressão para determinar a temperatura base inferior de crescimento do desenvolvimento total (ovo-adulto) do *Diceræus melacanthus* obtida com dados de 2017. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

A regressão gerada com os dados de 2019 diferem pouco da regressão anterior gerada com os dados de 2017 (Figura 4.2 e 4.3). A equação gerada foi $(-0,037719 + 0,002800 x)$, e seu coeficiente de determinação (R^2) de 0,97 (Figura 4.3). Assim como relatado anteriormente, a taxa de desenvolvimento de *D. melacanthus* cresce congruente com o aumento da temperatura. A temperatura base inferior de crescimento (T_b), neste caso foi determinada 13,47 °C. As maiores taxas de desenvolvimento observadas foram novamente nas temperaturas 31 e 36 °C, de 0,055 e 0,058.dia⁻¹, respectivamente. Como relatado para o gráfico anterior (Figura 4.2), a temperatura de 31 °C se aproxima da temperatura base superior de crescimento pois a diferença entre as taxas de desenvolvimento é menor ainda, sendo de somente 0,003.dia⁻¹.

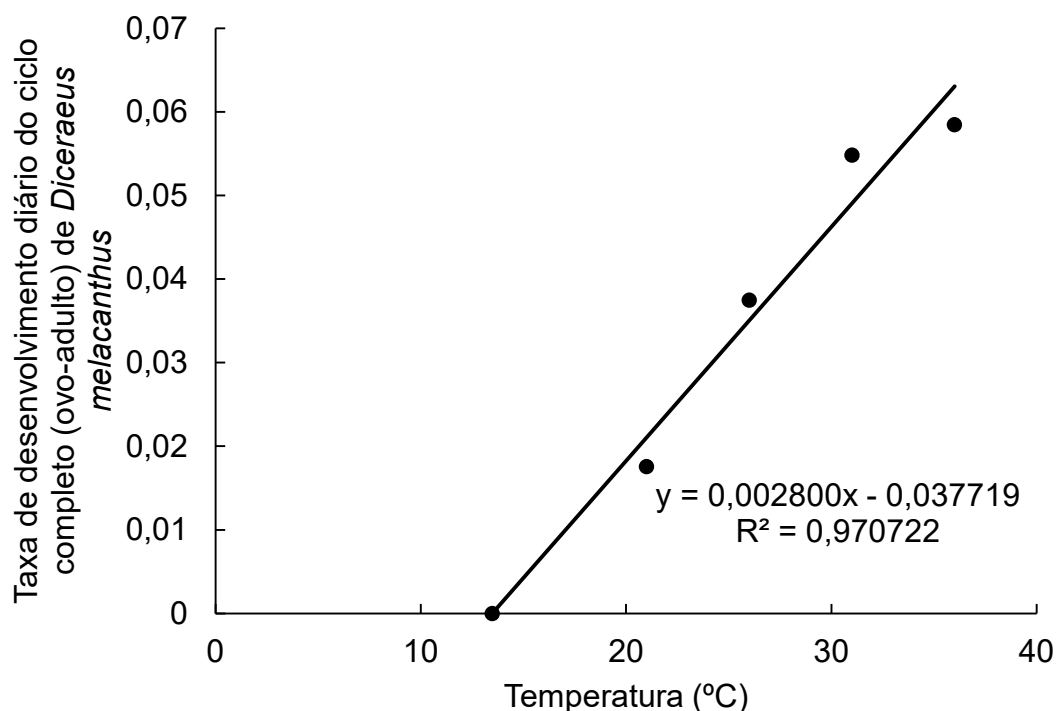


Figura 4.3. Regressão para determinar a temperatura base inferior de crescimento do desenvolvimento total (ovo-adulto) do *Dicerca melacanthus* obtida com dados de 2019. Londrina, IDR-Paraná, 2023.

Ao obter a temperatura base inferior de crescimento (T_b) pode-se calcular os padrões biológicos (Tabela 4.2). Note-se pequenas diferenças entre os valores calculados utilizando dados das duas datas de ensaio (Oliveira et al., 2019). A maior diferença é da constante térmica entre os dois anos, sendo que o valor de 2017 foi de 325,5 e de 2019 foi de 357,1 esta é uma diferença de 31,6 °C.dia⁻¹, mostrando que o tempo de desenvolvimento dos insetos durante o ano de 2019 foi mais longo (Oliveira et al., 2019). A constante térmica descrita para o percevejo marrom *E. heros* foi de 327,8 para o seu ciclo completo, semelhante com o de *D. melacanthus* descrito no presente trabalho, com temperatura basal parecida também aproximadamente de 14 °C, a diferença maior sendo a taxa de desenvolvimento de *D. melacanthus* em temperaturas acima de 28 °C, as quais são significativamente maiores do que para o *E. heros* (Cividanes e Parra, 1994). O percevejo *Halyomorpha halys* precisa acumular 537,6 graus dias para realizar seu desenvolvimento completo, de ovo a adulto, significativamente maior do que encontrado para o percevejo do presente trabalho, mas compreensível pelo comportamento contrastante entre as duas espécies exigências térmicas (Nielsen, Hamilton e Matadha, 2008). O limite superior da temperatura ótima de crescimento (LS) foi semelhante para os dois anos, de 27 °C

em 27 dias, porém houve maior diferença para o limite inferior da temperatura ótima de crescimento (LI), sendo de 19,1 °C e 77 dias em 2017 e de 17,8 °C e 82 dias para 2019. Uma diferença de 1,3 °C e 5 dias. A temperatura base superior (Tsup) foi bem semelhante para os dois anos, de 32,9 e 32,4 °C, para 2017 e 2019, respectivamente. Estes valores corroboram com o que foi observado nas regressões de taxa de desenvolvimento (Figuras 4.2 e 4.3), de que a temperatura de 31 °C se aproximava da Tsup, e por que não houve grande aumento na taxa de desenvolvimento do inseto criado a 36 °C em ambos os ensaios.

Tabela 4.2. Padrões biológicos de constante térmica (K), temperatura base inferior (Tb), temperatura base superior (Tsup), limite superior (LS) e inferior (LI) da temperatura ótima de crescimento, para *Diceraeus melacanthus*, calculados usando dados de criação de 2017 e 2019. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Ano	K (°C/dia)	Tb (°C)	Tsup (°C)	LS (°C)	LS (Dias)	LI (°C)	LI (Dias)
2017	325,5	14,9	32,9	27,0	27,0	19,1	76,6
2019	357,1	13,5	32,4	26,8	26,8	17,8	82,2
Média	341,2	14,2	32,65	26,9	26,9	18,4	79,4

A média de graus-dia acumulado para os dados de 2017 foi menor do que a dos dados de 2019 (Tabela 4.3). Tal diferença pode ser explicada pelo valor da constante térmica do ano de 2019 ser de 357,1 °C/dia, enquanto para 2017 foi de 325,5 °C/dia, em conjunto com a temperatura basal de 13,5 °C de 2019, a qual foi menor do que de 2017 com 14,9 °C, isto resultou num acúmulo maior de graus-dia para os dados de 2019 mesmo com constante térmica maior. A média entre estes valores dividida pela constante térmica média obtida dos dois anos (2017 e 2019) gerou os dados e número médio de gerações anuais (NMGA).

Tabela 4.3. Média de graus-dia acumulado (MGDA) de *Diceraeus melacanthus* composto pela média anual de 39 anos de dados climáticos de 28 municípios do estado do Paraná calculado com padrões biológicos obtidos de dois anos de criação. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Município	MGDA 2017	MGDA 2019
Antonina	2532	3032
Bandeirantes	2902	3403
Bela Vista do Paraíso	2674	3184
Cambará	2878	3373
Cândido de Abreu	1705	2061
Cascavel	2213	2694
Cerro Azul	2568	3050
Clevelândia	1448	1866
Fernandes Pinheiro	1575	2004
Francisco Beltrão	2034	2480
Guarapuava	1430	1849
Guaraqueçaba	2551	3057
Ibiporã	2846	3354
Joaquim Távora	2693	3184
Lapa	1061	1378
Londrina	2546	3037
Morretes	2577	3085
Nova Cantú	2641	3137
Palmas	1203	1592
Palotina	2823	3308
Paranavaí	3035	3547
Pato Branco	1894	2349
Pinhais	1311	1726
Planalto	2645	3142
Ponta Grossa	1627	2067
São Miguel do Iguaçu	2845	3337
Telêmaco Borba	1951	2394
Umuarama	2957	3469

O número médio de gerações anuais (NMGA) calculados com a média anual de 39 anos de dados meteorológicos e o número médio de gerações anuais oriundos da regressão linear múltipla demonstram pouca diferença (Tabela 4.4). Dentre os 28 municípios considerados para gerar a regressão linear múltipla, somente os municípios de Cândido de Abreu, Cerro Azul, Francisco Beltrão, Joaquim Távora, Palotina e Telêmaco Borba demonstraram diferença entre o número de gerações, sendo de no máximo uma geração a mais ou a menos do que a calculada utilizando dados meteorológicos. Precisão comprovada pelo coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear múltipla o qual foi de 0,93.

Tabela 4.4. Número médio de gerações anuais (NMGA) de *Diceraeus melacanthus* calculada e estimada por regressão linear múltipla para 28 municípios do estado do Paraná. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Município	Latitude*	Longitude*	Altitude**	NMGA calculada	NMGA estimada
Antonina	-25,22	-48,80	60	8	8
Bandeirantes	-23,10	-50,35	440	9	9
Bela Vista do Paraiso	-22,95	-51,20	600	9	9
Cambará	-23,00	-50,03	450	9	9
Cândido de Abreu	-24,63	-51,25	645	6	7
Cascavel	-24,88	-53,55	760	7	7
Cerro Azul	-24,82	-49,25	443	8	7
Clevelândia	-26,42	-52,35	930	5	5
Fernandes Pinheiro	-25,45	-50,58	893	5	5
Francisco Beltrão	-26,08	-53,07	650	7	6
Guarapuava	-25,38	-51,50	1045	5	5
Guaraqueçaba	-25,27	-48,53	40	8	8
Ibiporã	-23,27	-51,02	484	9	9
Joaquim Távora	-23,50	-49,95	512	9	8
Lapa	-25,78	-49,77	910	4	4
Londrina	-23,37	-51,17	585	8	8
Morretes	-25,50	-48,82	59	8	8
Nova Cantú	-24,67	-52,57	540	8	8
Palmas	-26,48	-51,98	1100	4	4
Palotina	-24,30	-53,92	310	9	10
Paranavaí	-23,08	-52,43	480	10	10
Pato Branco	-26,12	-52,68	700	6	6
Pinhais	-25,42	-49,13	930	4	4
Planalto	-25,70	-53,78	400	8	8
Ponta Grossa	-25,22	-50,02	880	5	5
São Miguel do Iguaçu	-25,43	-54,37	307	9	9
Telêmaco Borba	-24,33	-50,62	768	6	7
Umuarama	-23,73	-53,28	480	9	9

* Dados em grau decimal referentes às estações meteorológicas

** Dados em metros de altitude obtidos através do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (Farr et al, 2007)

O número de gerações anuais (NGA) de *D. melacanthus* no estado do Paraná foi obtido pela seguinte equação:

$$NGA = a + (b \times Latitude) + (c \times Longitude) + (d * Altitude)$$

onde:

$$a = 13,59790216$$

$$b = 0,83410787$$

$$c = - 0,33062463$$

$$d = - 0,00449618$$

É importante ressaltar que os valores de latitude e altitude devem estar no formato de grau decimal, e a altitude em metros para utilizar esta equação. O coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear múltipla foi de 0,93. A regressão foi representada no mapa do estado do Paraná com auxílio do programa de informações geográficas QGIS (QGIS.org, 2023), o qual ao ser preenchido com dados de latitude, longitude e altitude do estado é capaz de plotar a regressão por todo território do estado e formar um índice de calor, ou neste caso, índice de número de gerações anuais (Figura 4.3). Nota-se que as regiões noroeste e oeste do estado do Paraná são as regiões com os maiores potenciais de gerações de *D. melacanthus*. Durante a safra principal destaca-se os municípios de Guarapuava, Tibagi, Castro, Candói e Palmeira por serem os maiores produtores de milho durante a safra de 2021/22 (Tabela 4.5). O número de gerações de *D. melacanthus* nestes municípios está em torno de seis gerações anuais, sendo um dos mais baixos entre os municípios produtores de milho do estado do Paraná. Na segunda safra, destaca-se os municípios de Toledo, Assis Chateaubriand, Cascavel, Terra Roxa e São Miguel do Iguçu, por serem os maiores produtores de milho do estado (Tabela 4.5). Estes municípios estão localizados nas regiões com os maiores números de gerações anuais, mais de oito gerações de percevejo-barriga-verde. Estes resultados podem explicar a dificuldade de controle do percevejo *D. melacanthus* nestas regiões. Vale destacar que o número de gerações potenciais por ano aparenta acompanhar a zona de transição climática, Cfa e Cfb segundo Köppen, reforçando que o desenvolvimento do percevejo *D. melacanthus* é favorecido por temperaturas maiores, até 32 °C, e desfavorecida em locais com temperaturas baixas, até 14 °C. Vale ressaltar que a espécie estuda neste trabalho trata-se de *D. melacanthus*, e o *D. furcatus* apresenta necessidade térmica diferente por se desenvolver melhor em regiões mais frias do

país. Portanto, trabalhos estudando esta segunda espécie são necessários para estabelecer a distribuição e potencial reprodutivo do gênero *Diceraeus* no território do estado do Paraná.

Tabela 4.5. Principais municípios produtores de milho no estado do Paraná durante as duas principais safras do estado na safra 2021/22, dados obtidos do SEAB/DEAL (2023). Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Município	Primeira safra de milho Produção (mil toneladas)	Município	Segunda safra de milho Produção (mil toneladas)
Guarapuava	164	Toledo	416
Tibagi	123	Assis	410
Castro	94	Chateaubriand	402
Candói	90	Cascavel	296
Palmeira	83	Terra Roxa	278
		São Miguel do Iguçu	

* Dados obtidos da SEAB/DERAL (SEAB/DERAL, 2023).

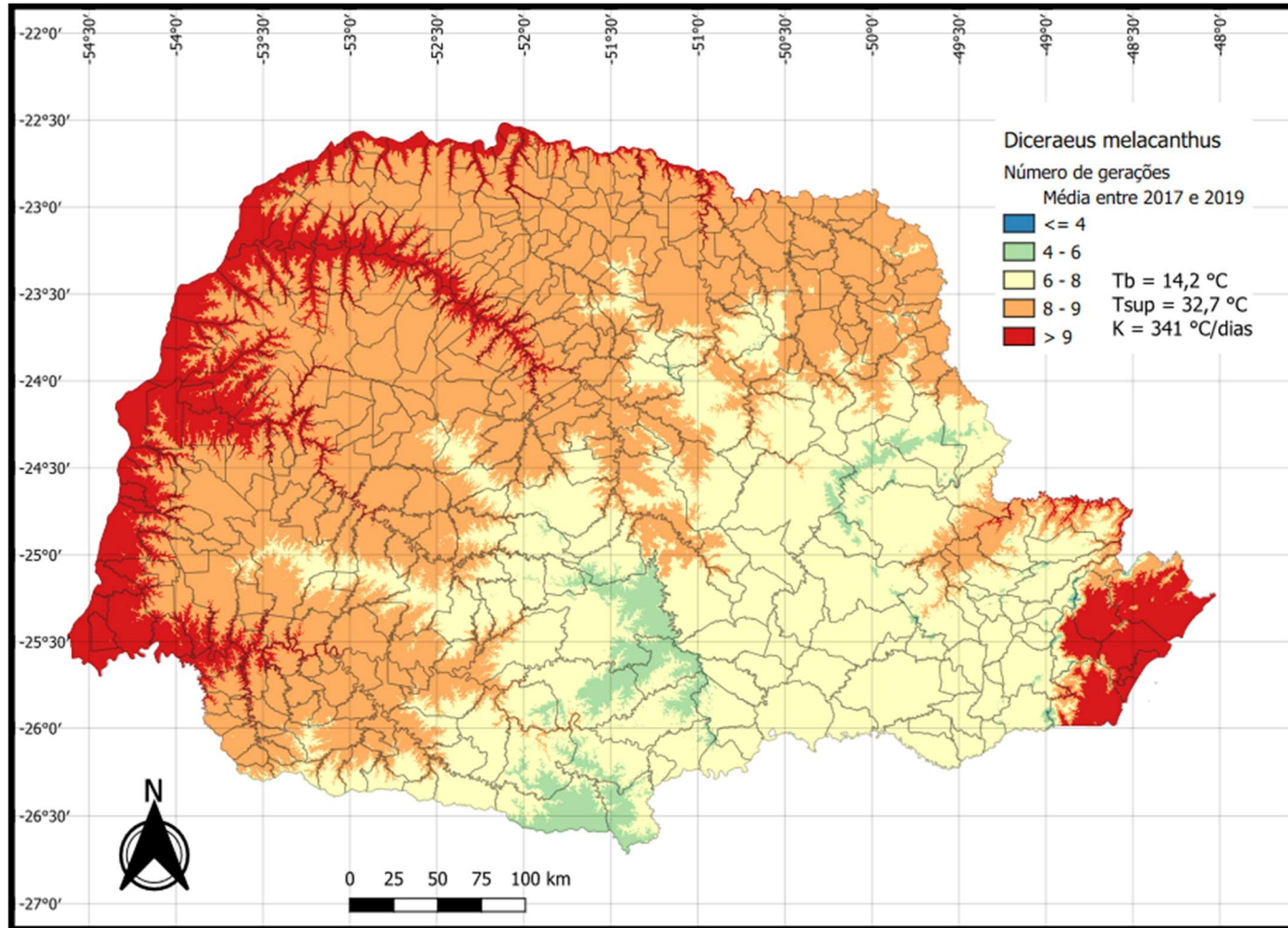


Figura 4.4 Mapa de calor representando o potencial de gerações anuais de *Diceraeus melacanthus* no estado do Paraná, temperatura base inferior de crescimento (Tb), temperatura base superior de crescimento (Tsup) e constante térmica (K) feito a partir da média de graus-dia acumulado calculado utilizando dois anos de criação, 2017 e 2019 (de Oliveira et al., 2019). Os municípios do litoral não apresentam importância agrícola na produção de milho. Londrina, Paraná, IDR-Paraná, 2023.

Um fator importante a ser considerado é a questão da resposta do milho à precipitação e disponibilidade hídrica de diferentes regiões do estado do Paraná. Nota-se que durante o plantio de milho de segunda safra (fevereiro-março) no estado do Paraná, as regiões do norte e noroeste, as quais apresentam maior potencial reprodutivo de *D. mealcanthus*, também apresentam as menores precipitações do estado, entre 80,1 e 140 mm (Figura 4.4). Portanto estas regiões possuem um agravante a mais perante o risco de *D. melacanthus* ao cultivo de milho segunda safra. A região de Toledo e Cascavel estão numa região transitória entre 120 e 160 mm de precipitação, um diferencial importante na questão da resposta do milho aos ataques de percevejo-barriga-verde, assim possivelmente explicando o porquê do maior índice produtivo da região nesta época do ano (Tabela 4.2). Destaca-se as regiões de Querência do Norte, Ibiporã e Palotina, por apresentarem tanto o maior número de gerações anuais de *D. melacanthus* quanto a menor média de precipitação durante a segunda safra, ou seja, são regiões com grande risco de percas pelo dano causado pelo percevejo e pela menor possibilidade de reação do milho a precipitação e disponibilidade hídrica. Portanto, produtores destas regiões devem ter cautela ao cultivar milho de segunda safra.

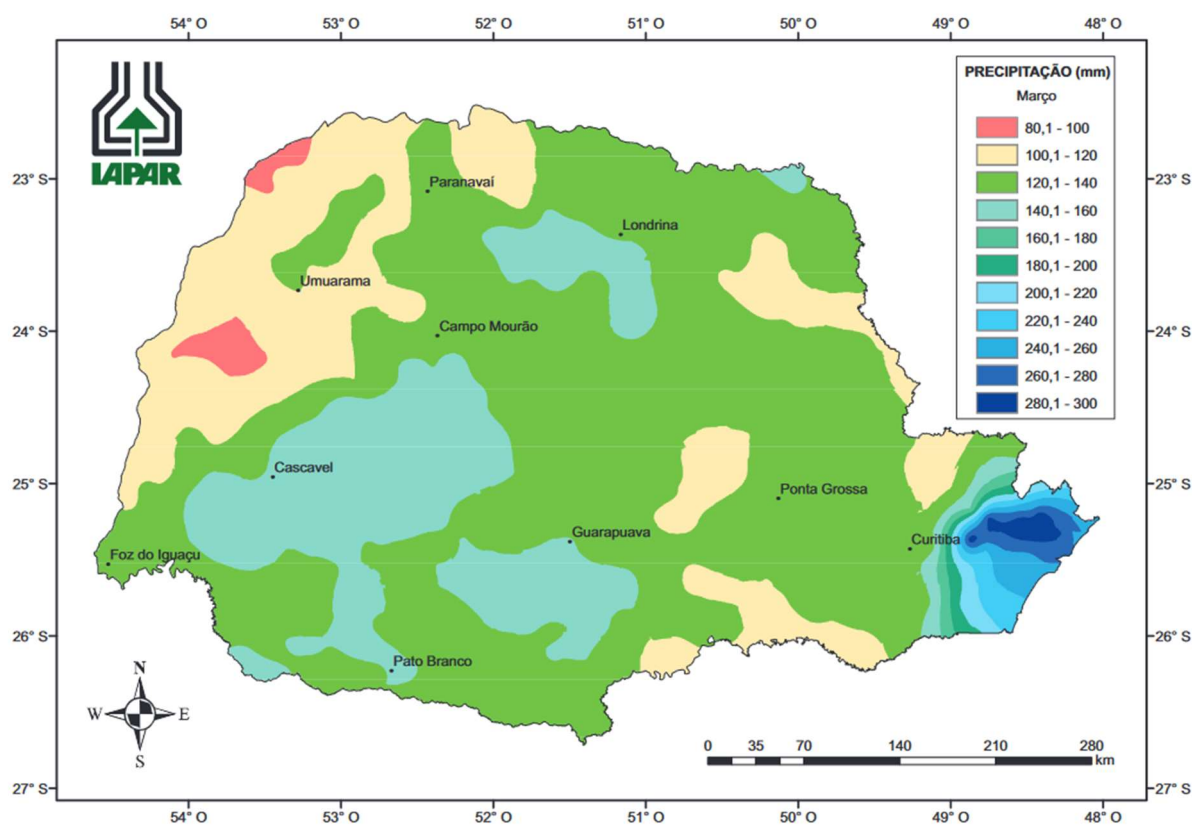


Figura 4.5. Precipitação no estado do Paraná durante o mês de março. Fonte: Nitsche et al., 2019.

A precipitação no estado do Paraná durante a primeira safra (outubro), para os principais municípios produtores de milho é significativamente maior do que durante a segunda safra de milho (Figura 4.5). Destaca-se as regiões com maior produção de milho durante esta safra, Guarapuava e Tibagi, pois além de estar numa das regiões com menor número de gerações anuais de *D. melacanthus*, entre 4-8 gerações, também é uma das regiões com uma das maiores precipitações, entre 140 e 220 mm, fatos que possivelmente explicam seu maior potencial produtivo durante a safra principal. Ressalta-se as regiões de Jardim Olinda, Paranapoema, Itaguajé e Adrianópolis por apresentarem as condições contrárias de Guarapuava e Tibagi, ou seja, um dos maiores potenciais de gerações (< 8 gerações) e menores índices de precipitação durante esta época, entre 100 e 120 mm. Portanto estas regiões devem ficar em alerta caso forem cultivar milho de primeira safra.

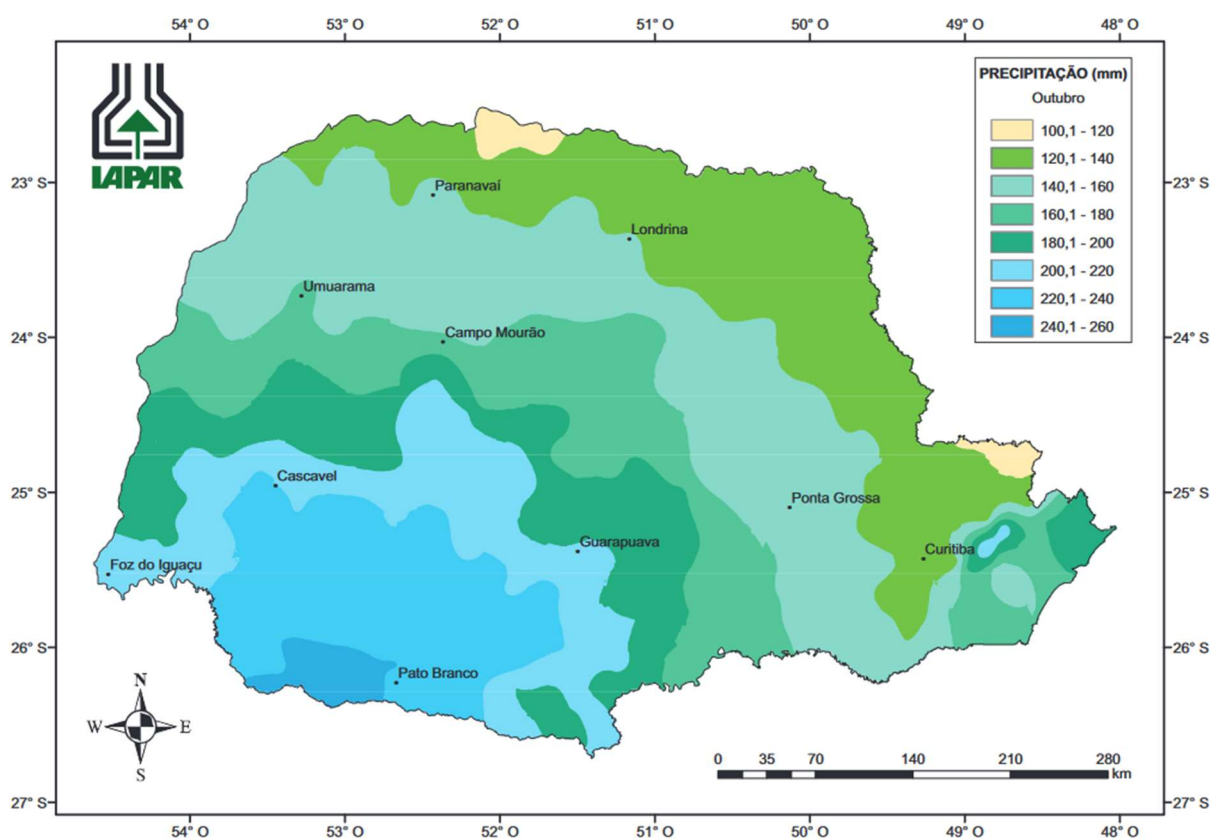


Figura 4.6. Precipitação no estado do Paraná durante o mês de outubro. Fonte: Nitsche et al., 2019.

Na segunda safra do milho de 2024, até a data de 29 de janeiro, o milho ainda não havia sido semeado na região norte do Paraná, mas começou a ser semeado nas regiões noroeste, centro-oeste, oeste, sudoeste e sul do estado (Figura

4.7). Vale ressaltar as unidades referência com maior área de cultivo esperada: Campo Mourão, Toledo, Cascavel, Londrina e Maringá, pois se encontram nas regiões com maior número de gerações anuais de *D. melacanthus*. O principal agravante nestas áreas é a predominância de cultivo sucessivo de soja-milho em sistema de plantio direto, fatores que contribuem para a multiplicação e permanência de percevejo-barriga-verde nestas áreas (Brustolin, Bianco e Neves, 2011). Para evitar ou diminuir perdas de produtividade provocadas pelo percevejo-barriga-verde, recomenda-se durante o cultivo de milho de segunda safra, manejar plantas espontâneas da área, utilizar tratamento de semente e realizar levantamento da densidade populacional de *D. melacanthus*, seja por amostragem direta ou utilizando iscas (Bianco, 2017). Vale ressaltar que o percevejo-barriga-verde tem potencial de causar danos no milho desde a germinação (VE) até seus 20 dias de desenvolvimento (V3-V4), momento no qual o engrossamento do colmo, acima de 1,5 cm, dificulta a liberação de saliva tóxica e alimentação de percevejo sob o xilema e tecido parenquimatoso (Bianco, 2017; Panizzi e Lucini, 2019).

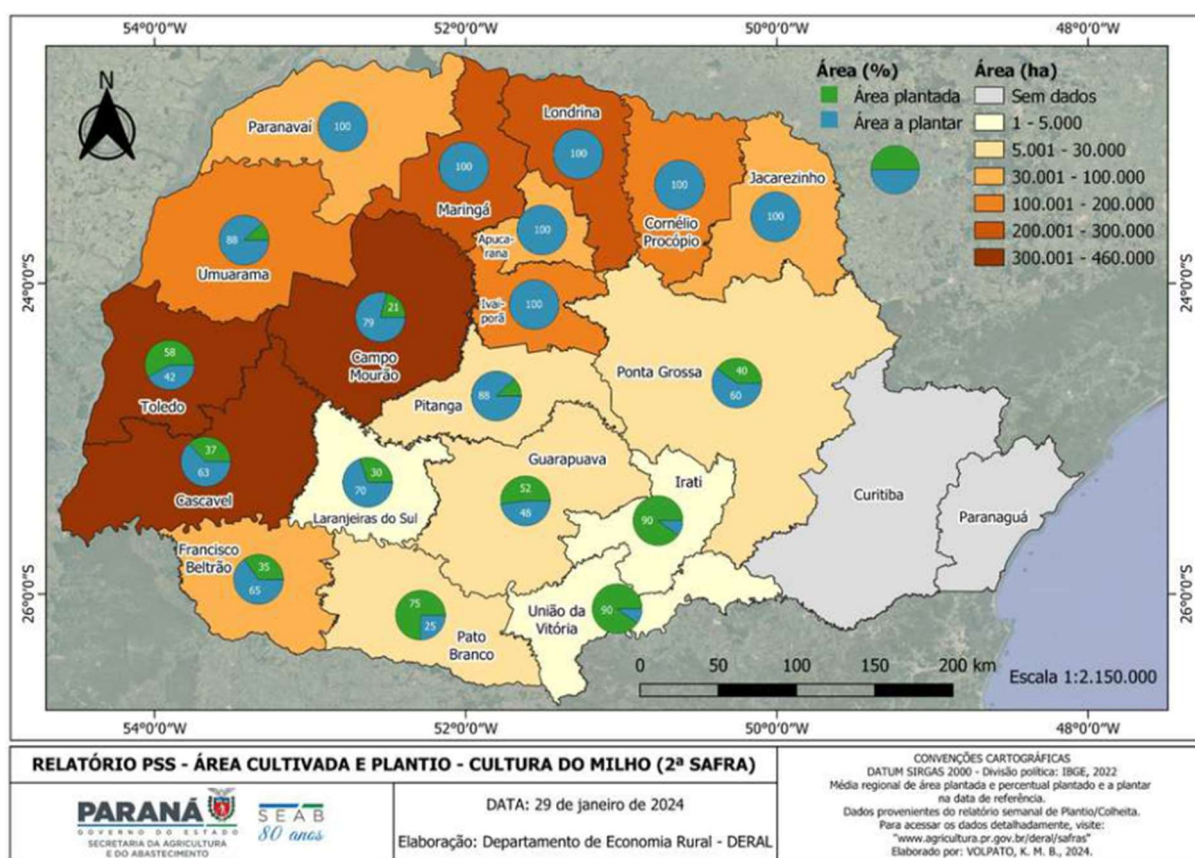


Figura 4.7. Gráfico da área cultivada e plantio do milho segunda safra (SEAB/DERAL).
Fonte: SEAB/DERAL – Condições de Tempo e Cultivo (29 de janeiro de 2024).

Conhecendo estes padrões da espécie estudada, pode-se calcular risco de disseminação, potencial reprodutivo e o efeito climático sobre o desenvolvimento desta espécie (Merril et al., 2008; Régnière, St-Amant e Duval, 2012; Kistner, 2017; Gilioli et al., 2023; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Existem alguns mapas de calor de distribuição para Pentatomidae, como para o percevejo marrom marmoreado *Halyomorpha halys* para vários continentes e para o percevejo marrom *Euschistus heros* no Brasil, referente a regiões que cultivam soja (Fraser, Kumar e Aguilar, 2017; Kistner, 2017; Rodrigues, Garcia e Parra, 2023). Porém, não existem mapas para o percevejo-barriga-verde em regiões de importância agrícola na produção de milho. Este é o primeiro mapa de calor para o *D. melacanthus*, desenvolvido sobre o estado com maior produção de milho do país, esta informação auxiliará a atingir estratégias de MIP mais ecológicas e financeiramente viáveis, além de permitir a localização de regiões de risco no estado do Paraná.

Contudo, avaliar o risco de uma área produtiva perante o potencial de dano de *D. melacanthus* deve ser feito considerando vários fatores, no presente trabalho foram considerados quatro, as coordenadas geográficas, altitude e precipitação, porém deve-se estudar também a dinâmica populacional, a relação da condição de manejo de plantas daninhas da área com a densidade populacional do inseto, a qualidade do tratamento de sementes, e as variedades de milho com características de tolerância diferentes ao percevejo-barriga verde (Bianco, 2017). Futuros trabalhos que calculam a temperatura base inferior e superior de desenvolvimento e constante térmica de percevejo-barriga-verde são essenciais para a contínua busca por manejo ecológico e financeiramente viável desta praga. Recomenda-se a confecção de mapas de calor deste inseto para todos os estados com relevância produtiva de milho no país, assim garantindo um manejo integrado mais abrangente e determinação de risco de áreas produtivas mais adequado.

4.6 CONCLUSÕES

As temperaturas limites para o crescimento de *D. melacanthus* variam de 14,2 a 32,7 °C, com uma constante térmica de 341°C/dias. A faixa ótima de desenvolvimento para este percevejo situa-se entre 18 e 27 °C.

A aplicação de regressão linear múltipla para estimar o número de gerações do percevejo-barriga-verde é viável em qualquer região do estado do Paraná.

Nas regiões norte, noroeste e oeste do estado do Paraná, observa-se o maior número de gerações anuais do percevejo-barriga-verde.

Os municípios que lideram a produção de milho de segunda safra no Paraná estão em maior risco devido ao potencial elevado de gerações anuais de *D. melacanthus*. Portanto, ao planejar o cultivo de milho de segunda safra nessa região, pode-se considerar o número de gerações anuais de *D. melacanthus* como um indicador de risco para o cultivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do coeficiente b (1,4665) da Lei de Potência de Taylor, juntamente com os índices de Morisita e dispersão calculados, sugerem que o *D. melacanthus* demonstra uma disposição agregada que pode ser representada por uma distribuição binomial negativa ($k = 0,498$) na cultura do milho. Para realizar amostragens eficazes, recomenda-se uma unidade amostral de no mínimo 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) durante o período de pré-semeio de milho até a fase fenológica V4 do milho.

Vale ressaltar que a permanência deste inseto na área de cultivo está de acordo principalmente com a presença de plantas daninhas, plântulas de soja tiguera e tufo de milho, oriundos de espigas remanescentes na área pós-colheita, em conjunto com a cobertura do solo, servindo como abrigo deste inseto e refúgio perante inimigos naturais. Portanto a aplicação de um manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) eficiente tem potencial de impactar negativamente a população de *D. melacanthus* na área de cultivo antes de semear o milho e durante o desenvolvimento inicial da cultura.

O plano de amostragem presença-ausência apresenta maior facilidade de aplicação por não necessitar contagem, resultando em avaliações com menor tempo de desempenho, porém com a mesma exatidão que os demais planos. É importante salientar a recomendação de dividir a área avaliada em talhões que possam representar variações no ambiente como cultura cultivada nas áreas diretamente vizinhas, a cultura antecessora cultivada no talhão, cultivares diferentes ou época de semeio divergentes dentro da mesma área de cultivo, e as características topográficas da área.

As temperaturas limites para o crescimento de *D. melacanthus* variam de 14,2 a 32,7 °C, tais temperaturas possivelmente representam o potencial de dispersão deste inseto pelo território Sul-Americano, sendo os principais fatores limitantes a disponibilidade de alimento e regiões com temperaturas menores que 14 °C.

A aplicação de regressão linear múltipla para estimar o número de gerações do percevejo *D. melacanthus* é viável em qualquer região do estado do Paraná, podendo servir com indicador de risco para esta praga em áreas com potencial produtivo de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, A.; PANIZZI, A. R.; LUCINI T. Monthly Parasitism Rate by Tachinid Flies and Egg Allocation on the Body of *Dichelops furcatus*. **Florida Entomologist**, v. 101. n. 1, p. 91-96, mar, 2018. <https://doi.org/10.1653/024.101.0116>

AITA, Rafael Carlesso, et al. Presence-Absence Sampling Plans for Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in the Midwest Region of the United States. **Journal of Economic Entomology**, n. 114, v. 3, p. 1362-1372, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab076>

ANSCOMBE, F. J. The Statistical Analysis of Insect Counts Based on the Negative Binomial Distribution. **Biometrics**, 5, 165-173, 1949. <https://doi.org/10.2307/3001918>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO (ABIMILHO). Oferta e Demanda do Milho – Brasil. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas> Acesso em: 09 ago. 2020.

BARRETA, D.; NARDINO, M.; KONFLANZ, V.A.; DE PELEGRIN, A.J.; FERRARI, M.; SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; DE SOUZA, V.Q.; DE OLIVEIRA, A.C.; DA MAIA, L.C. Diallelic analysis of endogamic Maize lines with emphasis on agronomic traits of tassel in different environments. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, n. 22, v.2, pp.101-111, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12892-018-0267-0>

BECHINSKI, E. J.; STOLTZ, R. L. Presence—Absence Sequential Decision Plans for *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Garden-seed Beans., *Phaseolus vulgaris*. **Journal of economic entomology**, n. 78, v. 6, p. 1475-1480, 1985. <https://doi.org/10.1093/jee/78.6.1475>

BECK, Hylke E. et al. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

BIANCO, Rodolfo **Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta do cartucho - *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho**. 1995. 113 f. Tese (Doutorado: Entomologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BIANCO, Rodolfo. **Disposición espacial de *Aeneolamia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en praderas de gramíneas tropicales**. 1982. 123 f. Dissertação (Mestrado: Entomologia) - Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1982.

BIANCO, Rodolfo. Estratégias de monitoramento e manejo de percevejos nas fases iniciais de desenvolvimento do milho safrinha. **SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA**, v. 14, p. 220-240, 2017.

BIANCO, R. Manejo de pragas do milho em plantio direto. Encontro De Fitossanidade De Grãos. Instituto Biológico de São Paulo, Campinas: **Emopi**, p. 8-17, 2005.

BIANCO, R.; NISHIMURA, M. Efeito do tratamento de sementes de milho no controle do percevejo-barriga-verde (*Dichelops furcatus*). In: Congresso Brasileiro De Entomologia, 17, Encontro Nacional De Fitossanitaristas, n. 8, **Resumos...** UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, p. 203, 1998.

BIANCO, R.; NISHIMURA, M. Control of *Dichelops* spp. by treating the corn seeds of diferente sizes with a mixture of thamestoxam and thiodicarb. In: International Congress of Entomolgy, Foz do Iguaçu – Paraná. **Resumos**. Londrina: EMBRAPA SOJA, p. 51, 2000.

BINNS, M. R.; NYROP, J. P.; VAN DER WERF, W. Sampling and monitoring in crop protection: The theoretical basis for developing practical decision guides. **CABI**, p. 156-158, 2000.

BRUSTOLIN, C.; BIANCO, R.; NEVES, P. M. O. J. Inseticidas em pré e pós-emergência do milho (*Zea mays* L.), associados ao tratamento de sementes, sobre *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, n. 10, v. 3, p. 215-223, 2011. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p215-223>

CARNEIRO, Andréa A. et al. Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga. **Circular técnica**. Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

CARVALHO, Evanir da Silva Martins. ***Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) no sistema plantio direto no sul de Mato Grosso do Sul: flutuação populacional, hospedeiros e parasitismo**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2007.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina, Paraná. IAPAR, 2000.

CHOCOROSQUI, V. R. **Bioecologia de *Dichelops (Diceraeus) melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no Norte do Paraná**. 2001. 160 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Impact of cultivation systems on *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) population and damage and its chemical control on wheat. **Neotropical Entomology**, n. 33, v. 4, p. 487-492, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400014>

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P. Biologia em diferentes temperaturas e exigências térmicas de percevejos pragas da soja. II. *Euschistus heros* (Fabr.)(Heteroptera: Pentatomidae). **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 29, n. 12, p. 1841-1846, 1994. <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v23i2.935>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira, Safra 2023/24**. v.11, n.4, janeiro 2024. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acesso em: 31 jan. 2024.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; GÓMEZ, S. A.; ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, L. J.; DE OLIVEIRA, M. C. N. Aspectos bioecológicos da interação de percevejos pentatomídeos no sistema de produção de soja. **Embrapa Soja-Capítulo em livro científico**, (ALICE), 2008.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

DE MELO, A. V., DOS SANTOS, V. M., LOPES, T. M., DIAS, M. A. R., & NUNES, H. V. Divergência genética entre híbridos de milho em condições de deficiência hídrica. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 66-75, 2019. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i3.2339>

DE MELO, L. A. M. P.; TENENTE, R. C. V.; DE OLIVEIRA, M. R. V. Cálculo de graus-dia acumulados para subsidiar ações de gerenciamento de risco de pragas. **Comunicado Técnico**. EMBRAPA, Brasília, Distrito Federal. 2006.

DUARTE, M. M.; ÁVILA, C. J.; SANTOS, V. Danos e nível de dano econômico do percevejo barriga-verde na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 291-299, 2015. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n3p291-299>

ENGEL, E.; PASINI, M. P. B.; HÖRZ, D. C.; DALLA NORA, S. L. Populações de percevejos barriga-verde [*Dichelops furcatus* (Hemiptera: pentatomidae)] em diferentes diâmetros de plantas silvestres durante entressafra de soja e milho. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 2, p. 206-209, 2017.

ELLIOTT, R. On the design of traveling-wave-fed longitudinal shunt slot arrays. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**, v. 27, n. 5, p. 717-720, 1979. <https://doi.org/10.1109/TAP.1979.1142166>

ESPINO, L.; WAY, M. O.; WILSON, L. T. Determination of *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae) spatial pattern in rice and development of visual sampling methods and population sampling plans. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 1, p. 216-225, 2008. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.216>

EVANS, D. A. Experimental evidence concerning contagious distributions in ecology. **Biometrika**, v. 40, n. 1/2, p. 186-211, 1953. <http://dx.doi.org/10.1093/biomet/40.1-2.186>

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; & BUSOLI, A. C. Amostragem sequencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 691-695, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000400026>

FARR, Tom G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission. **Reviews of geophysics**, v. 45, n. 2, 2007. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>

FERNANDES, Marcos Gino et al. Spatial distribution and sequential sampling plan for *Diceraeus melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) in maize at the vegetative stage. **Crop Protection**, v. 157, p. 105988, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105988>

FERNANDES, P.; AVILA, C.; da SILVA, I. F. Controle do percevejo *Dichelops melacanthus* por meio de inseticidas aplicados nas sementes de milho. Embrapa Agropecuária Oeste, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E), 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT Database collections, Brazil production**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#compare> Acesso em: 30 jan. 2024.

FRASER, D.; KUMAR, S.; AGUILAR, G. Mapping the potential global range of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with particular reference to New Zealand. **Climate**, v. 5, n. 3, p. 75, 2017. <https://doi.org/10.3390/cli5030075>

GARBUGLIO, D. D.; SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; BIANCO, R.; CUSTÓDIO, A. A. P.; BARROS, A. S. R. Avaliação Estadual de Cultivares de Milho Safra 2017/2018. **Boletim Técnico**, n. 91, set, 2018.

GILIOLI, Gianni et al. Assessing the risk of establishment and transient populations of *Spodoptera frugiperda* in Europe. **Journal of Pest Science**, v. 96, n. 4, p. 1523-1537, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01517-0>

GREEN, R. H. On fixed precision level sequential sampling. **Researches on Population Ecology**, Kyoto, v. 12, p. 249-251, 1970.

HARDIE, Jim. Photoperiodism and seasonality in aphids. In: *Insect Timing: Circadian Rhythmicity to Seasonality*. **Elsevier Science BV**, p. 85-94, 2001. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-044450608-5/50039-8>

HOFFMANN-CAMPO, Clara B. et al. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa soja, p. 70, 2000.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S. Distributions in Statistics—Discrete Distributions. **John Wiley & Sons**, New York, 1969.

KERSHAW, K. A. Quantitative and dynamic ecology. **American Elsevier**. New York, p. 183, 1964.

KERSHAW, K. A. Quantitative and dynamic plant ecology. **Edward Arnold Ltda**. London, p. 308, 1974.

KISTNER, Erica Jean. Climate change impacts on the potential distribution and abundance of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) with special reference to North America and Europe. **Environmental Entomology**, v. 46, n. 6, p. 1212-1224, 2017. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx157>

LAUMANN, R. A.; MORAES, M. C. B., SILVA; JOSEANE P.; VIEIRA, A. M. C; SILVEIRA, S.; BORGES, M. Egg parasitoid wasps as natural enemies of the neotropical stink bug *Dichelops melacanthus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 442-449, mai, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500002>

MANFREDI-COIMBRA, Silvana; SILVA, Jovenil; CHOCOROSQUI, Viviane, Ribeiro; PANIZZI, Antônio. Damage of the green belly stink bug *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to wheat. **Ciência Rural**. v. 35, p. 1243-1247, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600003>

MANUEL, A. JR. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências Biológicas e médicas. Belém: **Sociedade Civil Mamirauá**, Brasília: MCT/CNPQ, 2005.

MERRILL, Richard M. et al. Combined effects of climate and biotic interactions on the elevational range of a phytophagous insect. **Journal of animal ecology**, p. 145-155, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2007.01303.x>

MOON, Roger D. et al. Sampling for detection, estimation and IPM decision making. Integrated pest management. Concepts tactics, strategies and case studies. **Cambridge University Press**, New York, p. 75-89, 2009. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511626463.008>

MORISITA, Masaaki. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. **Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E (Biology)**, v. 2, p. 215-235, 1959.

MURRAY, Marion. Using degree days to time treatments for insect pests. **Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory**, p. 5, 2020.

NARANJO, S. E.; HUTCHISON, W. D. Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. **American Entomologist**, v. 43, n. 1, p. 48-57, 1997. <https://doi.org/10.1093/ae/43.1.48>

NIELSEN, A. L.; HAMILTON, G. C.; MATADHA, D. Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). **Environmental entomology**, v. 37, n. 2, p. 348-355, 2008. <https://doi.org/10.1093/ee/37.2.348>

NITSCHKE, Pablo Ricardo et al. Atlas climático do estado do Paraná, Londrina, Paraná, **Instituto Agrônomo do Paraná** [recurso eletrônico], p. 210, 2019.

NYROP, J. P.; BINNS, M. R. Algorithms for computing operating characteristic and average sample number functions for sequential sampling plans based on binomial count models and revised plans for European red mite (Acari: Tetranychidae) on apple. **Journal of economic entomology**, v. 85, n. 4, p. 1253-1273, 1992.

OLIVEIRA, L. M.; HOSHINO, A. T.; MENEZES JR, A. O.; CAVIGLIONE, J. H.; BIANCO, R.; ANDROCIOLI, H. G. Greenbelly Stinkbug Biology in Different Temperatures. **Journal of Agricultural Science**. n. 11, p. 267, 2019.

<https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p267>

PANIZZI, A. R., & LUCINI, T. Posição do corpo do percevejo *Dichelops melacanthus* (Dallas) durante a alimentação em hastes de plântulas de milho. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 2, p. 304-310, 2019.

PEDIGO, L. P., LENTZ, G. L., STONE, J. D., & COX, D. F. Green cloverworm populations in Iowa soybean with special reference to sampling procedure. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, n. 2, p. 414-421, 1972.

PEREIRA, P. D. S.; TONELLO, L.; SALVADORI, J.). Caracterização das fases de desenvolvimento e aspectos da biologia do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Embrapa Trigo - **Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 2007.

PROMIP. Manejo Integrado de Pragas. **MIP**. Disponível em: <http://promip.agr.br/manejo-integrado-de-pragas>. Acesso em: 30 jun. 2020.

QGIS.org, %Y. QGIS Geographic Information System. **QGIS Association**. <https://www.qgis.org/>

QUEIROZ, Ana Paula. **Aspectos biológicos de *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) no sistema produtivo soja/milho e alternativas para seu manejo**. 2020. 179 f. Tese (Doutorado: Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

RAYL, R. J.; SHIELDS, W.; TIWARI, S.; WRATTEN, S. D. Conservation biological control of insect pests. In: GABA, S.; SMITH, B.; LICHTFOUSE, E. Sustainable Agriculture Reviews 28: **Ecology for Agriculture**. Suíça: Springer, v.1, p.103-124, 28 mar. 2018.

RÉGNIÈRE, Jacques; ST-AMANT, Rémi; DUVAL, Pierre. Predicting insect distributions under climate change from physiological responses: spruce budworm as an example. **Biological Invasions**, v. 14, p. 1571-1586, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9918-1>

RODRIGUES, L. M.; GARCIA, A. G.; PARRA, J. R. P. Ecological zoning of *Euschistus heros* in Brazil based on the net reproductive rate at different temperatures and relative-humidity levels. **Journal of Economic Entomology**, v. 116, n. 4, p. 1178-1184, 2023. <https://doi.org/10.1093/jee/toad115>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHOWALTER, Timothy D. Insect Ecology: An Ecosystem Approach. **Academic Press**. p. 651, 2011. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-60945-4>

SEAB/DERAL. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), Departamento de Economia Rural (DERAL). Condições de Tempo e Cultivo – Área Cultivada e Plantio do Milho 2ª Safra. **Retalóio PSS de 29 de janeiro de 2024**. Acesso em 5 de fevereiro de 2024. Disponível em:

https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2024-01/semanal_23_a_29-01.pdf

SEAB/DERAL. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), Departamento de Economia Rural (DERAL). Produção Agrícola do Estado do Paraná da safra de 2021/22. Acesso em 10 de dezembro de 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>

SMANIOTTO, L. F.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 7-17, 2015. <http://dx.doi.org/10.1653/024.098.0103>.

SOUTHWOOD, T. R. E. Ecological methods. **Methuen & Co. Ltd.**, London, pp. 391, 1966.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. Ecological methods. **Blackwell Science Ltd.** pp. 575, 2009.

SOUZA, Leandro Aparecido de et al. Sequential sampling of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in soybean. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 464-471, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0314>

STERN, V. M. R. F.; SMITH, R.; VAN DEN BOSCH, R.; & HAGEN, K. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959. <http://dx.doi.org/10.3733/hilg.v29n02p081>

STORER, N. P., KUBISZAK, M. E., KING, J. E., THOMPSON, G. D., & SANTOS, A. C. Status of resistance to Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: lessons from Puerto Rico. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 110, n. 3, p. 294-300, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.04.007>

TAYLOR, L. R. A natural law for the spatial disposition of insects. **Proc. XII Int. Congr. Ent.**, p. 396-397, 1965.

TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v. 189, n. 4766, p. 732-735, 1961.

TODD, J. W.; HERZOG, D. C. Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In: **Sampling methods in soybean entomology**. New York, NY: Springer New York, p. 438-478, 1980. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1_23

VALICENTE, F. H. Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo - **Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2015.

WAQUIL, J. M. Manejo Integrado de Pragas: revisão histórica e perspectivas. In: 32 Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Florianópolis. **Anais, Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, 2002.

WIEGERT, Richard G. The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs. **Ecology**, p. 125-129, 1962.

<https://doi.org/10.2307/1932047>

WILSON, Edward O. The Diversity of Life. **Harvard University Press**, Cambridge, Massachusetts, 1992.

YONOW, Tania et al. Modelling the potential geographic distribution of two *Trissolcus* species for the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. **Insects**, v. 12, n. 6, p. 491, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12060491>

ZALUCKI, M. P.; ADAMSON, D.; FURLONG, M. J. The future of IPM: whither or wither? **Australian Journal of Entomology**, v.48, p.85–96, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2009.00690.x>

ZERBINO, M. S.; PANIZZI, A. R. The underestimated role of pest pentatomid parasitoids in Southern South America. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 13, n. 5, 703-718, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11829-019-09703-1>

ANEXO 1 – Representação esquemática dos padrões de distribuições teóricas obtidos pela comparação de índices de Morisita ($I\delta$) para diferentes tamanhos de quadrantes amostrais (Morisita, 1959).

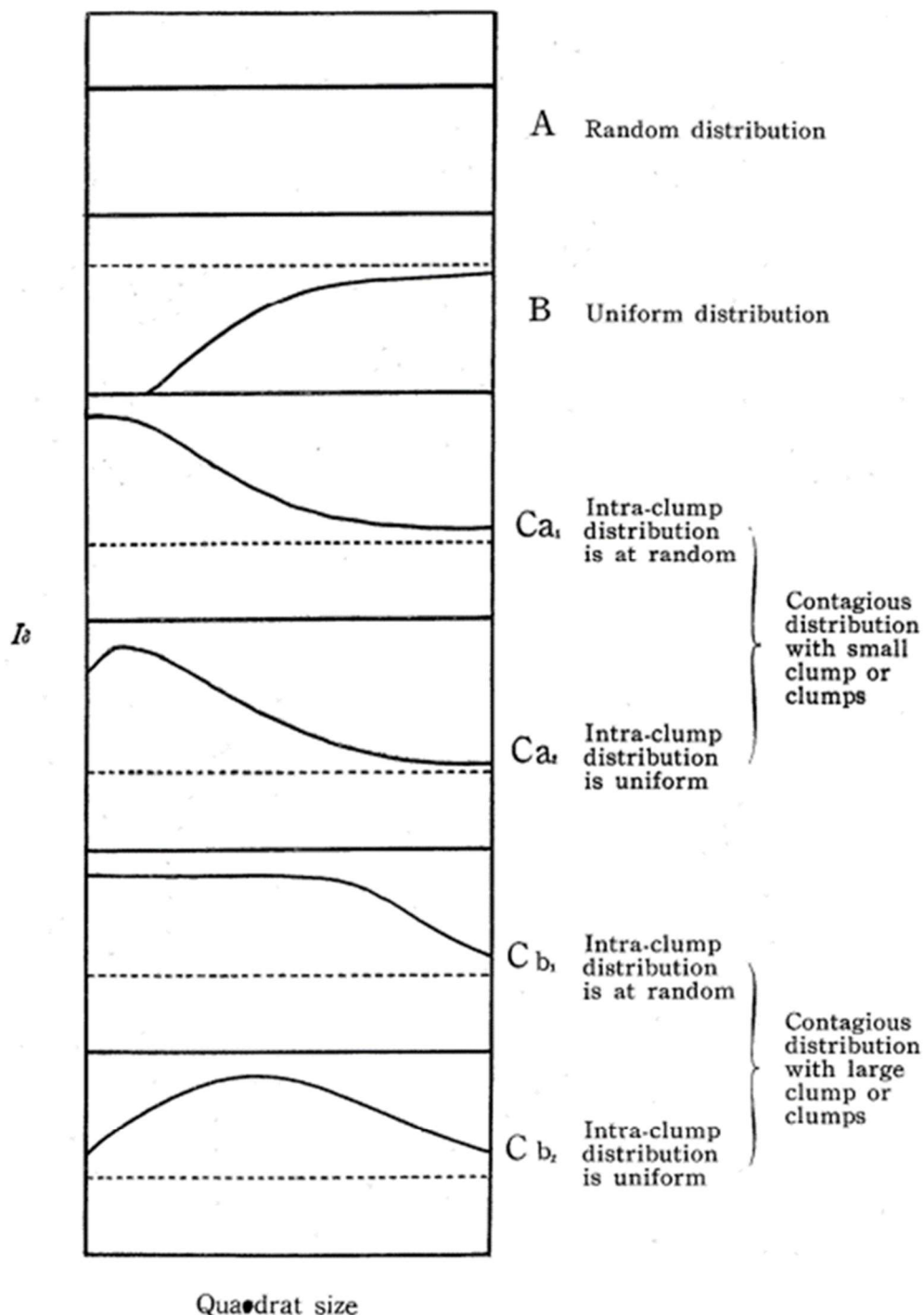


Fig. 1. Schematic representations of $I\delta$ -quadrat size relations for various distributional patterns of populations. The broken lines indicate the value of unity.

ANEXO 2 – Região amostrada, data da amostragem e contagem de *D. melacanthus* amostrados em 80 amostras divididas em quatro talhões de 20.

Alvorada do Sul	28/03/2023	1 0 1 0 4 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 2 0 0 0 0 2 2 0 2 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 2 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1
Alvorada do Sul	11/04/2023	0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1
Bela Vista do Paraíso	28/03/2023	0 0 0 0 0 2 0 0 1 1 0 1 0 1 0 2 1 2 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 2 0 0 0 0 0 0 1 1 2 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 5 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 2 1 4
Bela Vista do Paraíso	11/04/2023	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 2 0 1 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 2 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0
Bela Vista do Paraíso	17/04/2023	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Cambé	22/03/2023	0 0 0 1 1 0 0 0 2 2 0 0 0 0 0 1 0 1 2 0 1 0 2 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 4 0 0 1 1 0 3 1 2 0 0 2 1 2 1 1 1 0 0 3 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0
Cambé	31/03/2023	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
Cambé	10/04/2023	0 1 1 0 0 2 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1
Cambé	17/04/2023	0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Centenário do Sul	20/03/2023	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 2 0 0 6 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 1 0 1 0 0
Centenário do Sul	30/03/2023	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Centenário do Sul	12/04/2023	0 1 0 0 0 2 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
Centenário do Sul 2	30/03/2023	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 2 0 0 0 0 0 0 2 0 1 4 0 3 0 0 2 0 0 1 1 0 0 0 1 2 0 0 1 5 1 1 11 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 5 0 0
Centenário do Sul 2	12/04/2023	0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
Centenário do Sul 2	17/04/2023	0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Ibiporã	22/03/2023	1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 8 0 0 0 0 0 2 0 0 1 0 6 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 7 14 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0 0 0 1 0 2 0 0 2 0 2 0 0 0 1 0 13 0
Ibiporã	31/03/2023	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 2 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
Ibiporã	10/04/2023	0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
Ibiporã	19/04/2023	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Ibiporã 2	17/03/2023	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	1	2	
		0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	
		0	0	1	1	0	2	1	1	1	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	3	4	0	1	0	2		

Sertanópolis 2	29/03/2023	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	2	1	
		2	1	0	4	1	0	0	1	0	3	2	0	1	1	0	3	0	0	0	2
		0	1	0	3	1	0	3	1	3	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
		0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2

Ibiporã 2	29/03/2023	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
		4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
		1	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	2
		0	0	1	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0

Sertanópolis 2	05/04/2023	3	1	1	0	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	
		1	3	1	0	2	2	3	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	3	6	5
		1	0	2	0	0	0	3	0	0	1	0	4	0	3	3	2	0	0	3	1
		2	1	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	2	4	1	0	0	0	2	2

Ibiporã 2	05/04/2023	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	1	3	2	1	
		0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	
		0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	2	2	2	0	0	0	0	1
		1	1	1	0	2	1	1	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	0	

Sertanópolis 2	13/04/2023	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	8	1	1	2	1	1	0	1	2	0
		0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	2	1	1
		0	3	0	1	0	1	0	2	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	2
		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	4	3	0

Ibiporã 2	13/04/2023	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	2	
		0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0

Sertanópolis 2	19/04/2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0
		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	1	1
		0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	1
		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	1	0

Sertanópolis	29/03/2023	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	3	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
		0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Sertanópolis	05/04/2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0

Sertanópolis	13/04/2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sertanópolis	19/04/2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

ANEXO 3 – Média (\bar{x}), variância (S^2) e índice de disposição (ID) de avaliações compostas por 80 pontos amostrais, subdivididos em quatro talhões de 20 amostras, coletados em nove propriedades rurais no norte do Paraná.

Cidade	Data	\bar{x} a	S^2 a	ID a	\bar{x} b	S^2 b	ID b	\bar{x} c	S^2 c	ID c	\bar{x} d	S^2 d	ID d
Alvorada do Sul	28/03/2023	0,45	1,13	2,52	0,25	1,19	4,75	0,55	3,24	5,89	0,35	1,28	3,66
Alvorada do Sul	11/04/2023	0,10	0,19	1,90	0,25	1,19	4,75	0,20	0,34	1,71	0,20	0,76	3,80
Bela Vista do Paraíso	28/03/2023	0,55	2,61	4,74	0,25	1,19	4,75	0,35	1,07	3,06	0,75	1,11	1,48
Bela Vista do Paraíso	11/04/2023	0,10	0,19	1,90	0,30	0,87	2,91	0,30	0,87	2,91	0,25	1,19	4,75
Bela Vista do Paraíso	17/04/2023	0,10	0,19	1,90	0,20	0,76	3,80	0,15	0,43	2,85	0,05	0,05	0,95
Cambé	22/03/2023	0,50	2,24	4,47	0,40	1,79	4,46	0,85	2,68	3,16	0,50	2,55	5,11
Cambé	31/03/2023	0,10	0,19	1,90	0,30	1,71	5,70	0,05	0,05	0,95	0,10	0,19	1,90
Cambé	10/04/2023	0,00	0,00	0,00	0,30	0,87	2,91	0,10	0,19	1,90	0,05	0,05	0,95
Cambé	17/04/2023	0,00	0,00	0,00	0,20	0,76	3,80	0,05	0,05	0,95	0,10	0,19	1,90
Centenário do Sul	20/03/2023	0,10	0,19	1,90	0,10	0,19	1,90	0,50	0,24	0,47	0,25	0,56	2,24
Centenário do Sul	30/03/2023	0,05	0,05	0,95	0,25	1,19	4,75	0,20	0,76	3,80	0,10	0,19	1,90
Centenário do Sul	12/04/2023	0,25	0,56	2,24	0,10	0,19	1,90	0,20	0,76	3,80	0,15	0,43	2,85
Centenário do Sul 2	30/03/2023	0,15	0,43	2,85	0,25	0,56	2,24	0,85	2,68	3,16	1,30	9,66	7,43
Centenário do Sul 2	12/04/2023	0,10	0,19	1,90	0,10	0,19	1,90	0,20	0,76	3,80	0,10	0,19	1,90
Centenário do Sul 2	17/04/2023	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,95	0,10	0,19	1,90	0,05	0,05	0,95
Ibiporã	22/03/2023	0,50	0,13	0,26	0,55	1,99	3,62	1,30	10,38	7,98	1,25	8,88	7,11
Ibiporã	31/03/2023	0,15	0,43	2,85	0,20	0,76	3,80	0,25	0,56	2,24	0,10	0,19	1,90
Ibiporã	10/04/2023	0,00	0,00	0,00	0,25	0,56	2,24	0,10	0,19	1,90	0,15	0,43	2,85
Ibiporã	19/04/2023	0,05	0,05	0,95	0,05	0,05	0,95	0,05	0,05	0,95	0,10	0,19	1,90
Ibiporã 2	17/03/2023	0,65	1,28	1,96	0,70	3,57	5,10	0,80	3,91	4,89	0,85	2,68	3,16
Ibiporã 2	29/03/2023	0,25	0,56	2,24	0,55	2,82	5,12	0,65	2,39	3,67	0,45	2,38	5,30
Ibiporã 2	05/04/2023	0,65	2,39	3,67	0,30	1,71	5,70	0,50	2,24	4,47	0,75	6,09	8,11
Ibiporã 2	13/04/2023	0,45	1,75	3,90	0,30	0,87	2,91	0,10	0,19	1,90	0,35	1,28	3,66
Sertãoópolis	29/03/2023	0,35	1,14	3,25	0,40	1,79	4,48	0,10	0,19	1,90	0,20	0,76	3,80
Sertãoópolis	05/04/2023	0,15	0,43	2,85	0,15	0,43	2,85	0,20	0,76	3,80	0,25	1,19	4,75
Sertãoópolis	13/04/2023	0,00	0,00	0,00	0,10	0,19	1,90	0,10	0,19	1,90	0,10	0,19	1,90
Sertãoópolis	19/04/2023	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,95	0,05	0,05	0,95	0,10	0,19	1,90
Sertãoópolis 2	29/03/2023	0,45	2,38	5,30	1,05	3,86	3,67	0,80	5,56	6,95	0,50	3,08	6,16
Sertãoópolis 2	05/04/2023	0,65	3,63	5,58	1,80	8,66	4,81	1,15	7,23	6,29	1,00	6,89	6,89
Sertãoópolis 2	13/04/2023	1,05	5,70	5,42	0,70	5,13	7,32	0,80	4,33	5,42	0,65	1,57	2,41
Sertãoópolis 2	19/04/2023	0,35	0,02	0,06	0,30	0,72	2,40	0,50	2,24	4,47	0,45	2,38	5,30

AXENO 4. Coeficientes linear superior e inferior (H1 e H0) para planos de amostragem com distribuição binomial negativa ($k = 0,498$) (A), binomial positiva (B) e sequencial enumerativa (C) com variados níveis de controle (NC) de *Diceraeus melacanthus* em milho, corrigidos para o tamanho amostral de $0,25 \text{ m}^2$ (NC') e perante número de proporção de amostras infestadas (m'). Londrina, IDR-Paraná, 2023.

	NC (1m^2)	NC' ($0,25\text{m}^2$)	Z	m'	H1 (NC' +30%)	H0 (NC' -30%)	b
A	4,50	1,13	0,94	0,92	9,777	-9,777	0,874
	3,00	0,75	0,63	0,55	7,287	-7,287	0,524
	1,50	0,38	0,31	0,23	5,123	-5,123	0,221
	0,75	0,19	0,16	0,09	4,168	-4,168	0,087

	NC (1m^2)	NC' ($0,25\text{m}^2$)	Z	m'	H1 (NC' +30%)	H0 (NC' -30%)	b
B	4,50	1,13	0,94	0,92	6,668	-6,668	0,879
	3,00	0,75	0,63	0,55	5,421	-5,421	0,527
	1,50	0,38	0,31	0,23	4,336	-4,336	0,222
	0,75	0,19	0,16	0,09	3,858	-3,858	0,087

	NC (1m^2)	NC' ($0,25\text{m}^2$)	m'	NC' (+30 %)	NC' (-30 %)	H	b
C	4,50	1,13	0,92	1,46	0,788	3,549	1,090
	3,00	0,75	0,55	0,98	0,525	3,549	0,727
	1,50	0,38	0,23	0,49	0,263	3,549	0,363
	0,75	0,19	0,09	0,24	0,131	3,549	0,182