



Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) e sua resposta em testes de atratividade por leveduras

Carla Andressa Bulgarelli

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Biológico
Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio

**Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) e sua
resposta em testes de atratividade por leveduras**

Carla Andressa Bulgarelli

Dissertação apresentada em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

São Paulo
2020

Carla Andressa Bulgarelli

Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) e sua resposta em testes de atratividade por leveduras

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Orientador:
Dr. Miguel Francisco de Souza Filho

Coorientador:
Dr. Louis Bernard Klaczko

São Paulo
2020

Eu, **Carla Andressa Bulgarelli**, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico, de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.

Assinatura: _____ Data ____/____/____

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Núcleo de Informação e Documentação – IB

Bulgarelli, Carla Andressa.

Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) e sua resposta em testes de atratividade por leveduras. / Carla Andressa Bulgarelli. - São Paulo, 2020.

79 p.

doi: 10.31368/PGSSAAA.2020D.CB008

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos.

Orientador: Miguel Francisco de Souza Filho.

Versão do título para o inglês: Monitoring of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) and their response in yeast attractiveness tests.

1. Drosofilídeos 2. Espécies 3. Fermentos 4. Monitoramento 5. Manejo
I. Bulgarelli, Carla Andressa II. Souza Filho, Miguel Francisco de III. Instituto Biológico (São Paulo) IV. Título.

IB/Bibl./2020/008

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Carla Andressa Bulgarelli

Título: **Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) e sua resposta em testes de atratividade por leveduras**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: ___/___/_____

Banca Examinadora

Prof.Dr.(a) _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr.(a) _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr.(a) _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus avós com gratidão e carinho.
Aos meus pais, pelo apoio durante a trajetória da vida.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós – Graduação da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – Instituto Biológico, por conceder a oportunidade de realização do Mestrado, apoio, realização das pesquisas e experimentos em todas as etapas acadêmicas.

Ao Departamento de Genética, Evolução, Microbiologia e Imunologia do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pelo apoio, realização das pesquisas e experimentos em todas as etapas acadêmicas.

Ao Prof. Dr. Miguel Francisco de Souza Filho, pela orientação, dedicação, opinião e análises do trabalho em questão.

Ao Prof. Dr. Louis Bernard Klaczko, pela coorientação, pelo apoio moral, ensinamentos, dicas e incentivo.

A Klélia, Bióloga do Laboratório de Biodiversidade Genética e Evolução de *Drosophila* do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Agradeço também aos colegas do laboratório (Rafael, Cesar, Henrique, Naysi, Natalia) pela ajuda e pelo clima cordial de todo dia.

Ao Prof. Dr. Wanderley Silveira do laboratório de Bacteriologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pela sua contribuição e generosa doação de materiais e equipamentos, para a execução do Projeto.

Ao colega Dr. Marcos Batista por transmitir e ensinar com boa vontade seus conhecimentos sobre o cultivo de leveduras e drosofilídeos, assim como do fornecimento de cepas de leveduras liofilizadas preservadas no laboratório do Instituto de Biologia da Unicamp.

Aos colegas e companheiros de trabalho do Instituto Biológico, Adalton, Leonardo, Jéssica, Sara, Ester, Elias, e Fernando pela colaboração profissional, momentos de descontração e amizade.

À minha família pelo incentivo, apoio moral, compreensão, participação nas dificuldades e sucessos em todas as fases da minha vida. Especialmente aos meus avós, tios, tias, primos, pela companhia em momentos bons e ruins.

Aos meus queridos pais Wanderléia e Fernando, pelo amor materno e paterno, me incentivando para não desistir dos meus sonhos, as minhas irmãs Fernanda e Laressa, pelos conselhos e amizade, ao meu esposo Lucas, por todo apoio e incentivo e companhia nos momentos bons e ruins dessa trajetória e a todos que direta ou indiretamente me auxiliaram neste trabalho.

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

RESUMO

BULGARELLI, Carla Andressa. **Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) e sua resposta em testes de atratividade por leveduras.** 2020.79f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2020.

As espécies invasivas como os drosofilídeos *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus*, afetam diferentes culturas no Brasil. Com isso objetivo deste trabalho é avaliar a associação destas moscas com diferentes leveduras em ensaios no campo e monitorar a abundância relativa das espécies no total de drosofilídeos coletados em locais com variada antropização, a saber: CEASA – Campinas (alta antropização); Pedra Branca – Campinas (média antropização); Frutopia – São Bento do Sapucaí e NPMSBS – São Bento do Sapucaí (média antropização), Pindamonhangaba (baixa antropização). Em paralelo, foram feitos experimentos para verificar a atratividade de iscas com duas espécies de leveduras (*Hanseniaspora uvarum* e *Saccharomyces cerevisiae*) para *Z.indianus* e *D. suzukii*. Deste modo, caracterizaram-se variações na abundância relativa das espécies, buscando correlações com variáveis abióticas (temperatura) e bióticas (espécies de fermento associadas). No monitoramento, não houve ocorrência de *D. suzukii* nas áreas de Campinas (CEASA e Pedra Branca); na região de São Bento do Sapucaí na (NPMSBS e FRUTOPIA), todas as coletas foram significativas para a ocorrência de *Z. indianus* e *D. suzukii*; em Pindamonhangaba houve maior ocorrência de *D. suzukii* em comparação aos demais drosofilídeos e *Z. indianus*. Nos experimentos de campo, não houve diferença estatística entre os tratamentos no segundo dia de coleta, porém *H. uvarum* foi mais atrativa que *S. cerevisiae* e controle. Diante do monitoramento, da variação temporal, conclui-se que, houve maior ocorrência de *Z. indianus* no período de verão nas regiões de Campinas sendo Ceasa, Pedra Branca e São Bento Sapucaí (NPMSBS) em diferentes culturas; *D. suzukii* ocorreu nas regiões de São Bento Sapucaí, na Frutopia e em Pindamonhangaba, com maior infestação em culturas específicas no período de verão e nos meses do inverno. Nos experimentos de atratividade no campo, ambas as espécies foram mais atraídas por *H. uvarum*. Contudo esses dados podem contribuir como medida de controle para essas espécies através de iscas específica.

PALAVRAS-CHAVE: drosofilídeos; espécies; fermentos; monitoramento; manejo.

ABSTRACT

BULGARELLI, Carla Andressa. **Monitoring of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) and their response in yeast attractiveness tests.** 2020.79f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2020.

Invasive species such as *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* affect different cultures in Brazil. The objective of this work is to evaluate the association of these flies with different yeasts in field trials and to monitor the relative abundance of species in the total drosophilids collected in places with varied anthropization, namely: CEASA - Campinas (high anthropization); Pedra Branca - Campinas (average anthropization); Frutopia - São Bento do Sapucaí (average anthropization); CATI - São Bento do Sapucaí (average anthropization), Pindamonhangaba (low anthropization). In parallel, experiments were conducted to verify the attractiveness of baits with different yeast species (*Hanseniaspora uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae*) for *Z. indianus* and *D. suzukii*. Thus, we seek to characterize variations in species relative abundance, seeking correlations with abiotic (temperature) and biotic (associated yeast species) variables. In monitoring, there was no occurrence of *D. suzukii* in the areas of the Campinas region in CEASA and Pedra Branca; in the São Bento do Sapucaí region in NPMSBS and FRUTOPIA, all collections were significant for the occurrence of *Z. indianus* and *D. suzukii*; In Pindamonhangaba there was a higher occurrence of *D. suzukii* compared to the other drosophilids and *Z. indianus*. In the field experiments, there was no statistical difference between treatments on the second day of collection, but *H. uvarum* was more attractive than *S. cerevisiae* and control. Given the monitoring of temporal variation, we can conclude that there was a higher occurrence of *Z. indianus* in the summer period in the regions of Campinas being Ceasa, Pedra Branca and São Bento Sapucaí, NPMSBS in different cultures; *D. suzukii* occurred in São Bento Sapucaí, Frutopia and Pindamonhangaba regions, with greater infestation in specific crops in the summer and winter months. In field attractiveness experiments, both species were most attracted to *H. uvarum*. However, these data can contribute as control measures for these species through specific baits.

KEYWORDS: drosophilids; species; yeasts; monitoring; management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Regiões de Monitoramento no Estado de São Paulo, na região de Campinas; São Bento do Sapucaí e Pindamonhangaba. 39
- Figura 2.** Coletas de campo em regiões de Monitoramento no Estado de São Paulo, na região de Campinas; São Bento do Sapucaí e Pindamonhangaba (Caçambas comerciais e Pomar de culturas específicas para *Z. indianus* e *D. suzukii*). 40
- Figura 3.** Disposição das armadilhas Delta (Experimentos 1 e 2) no pomar de Nêspera de Monte Alegre do Sul, São Paulo 41
- Figura 4.** Disposição das armadilhas Delta (Experimento 1 e 2) no interior do Sistema Agroflorestal (SAF) no município de Socorro, São Paulo. Paulo. 42
- Figura 5.** Disposição das armadilhas do tipo Delta e diferentes Tratamentos, sendo T (Controle); SC (*Saccharomyces cerevisiae*) e HU (*Hanseniaspora uvarum*). 43
- Figura 6.** Monitoramento de *Zaprionus indianus* na região de Campinas de alta antropização – CEASA/Campinas e de média antropização – Bairro Pedra Branca (Pomar de Frutas). Nas ordenadas estão as proporções de *Zaprionus indianus* em cada coleta na data indicada nas abscissas. As proporções foram transformadas em arcoseno para ajuste à normalidade. No caso do CEASA ajustou-se uma curva polinomial do terceiro grau, enquanto no Bairro Pedra Branca ajustou-se uma curva de quarto grau; ambas significativas ao nível de 5% (2018/2020). 48
- Figura 7.** Dispersão da proporção de *Zaprionus indianus* em função da temperatura na data de coleta durante o monitoramento no CEASA/Campinas e no Bairro Pedra Branca. Nas ordenadas estão as proporções depois da transformação arcoseno de *Z. indianus* em função da temperatura nas abscissas. No gráfico do CEASA não houve ajuste significativo, enquanto no Bairro Pedra Branca o ajuste foi significativo com $P = 0,0439$ (2018/2020). 49
- Figura 8.** Dispersão da proporção de *Zaprionus indianus* em função da Umidade Relativa na data de coleta durante o monitoramento no CEASA/Campinas e no Bairro Pedra Branca. Nas ordenadas estão as proporções, depois da transformação arcoseno, de *Z. indianus* em função da

umidade relativa nas abscissas. No gráfico do CEASA não houve ajuste significativo, enquanto no Pomar de Frutas o ajuste foi significativo com $P = 0,0010$ (2018/2020). 50

Figura 9. Monitoramento de *Zaprionus indianus* + outros drosofilídeos na região de Campinas-SP de alta antropização – CEASA/Campinas e de média antropização – Bairro Pedra Branca (Pomar de Frutas). Nas ordenadas está o número total de moscas em cada coleta na data indicada nas abscissas. No caso do CEASA ajustou-se uma curva polinomial do terceiro grau, com ajuste significativo com $P = 0,0266$; enquanto no Bairro Pedra Branca ajustou-se uma curva de quarto grau significativa com $P = 0,0246$ (2018/2020). 51

Figura 10. Monitoramento de *Zaprionus indianus* + outros drosofilídeos no CEASA/Campinas (em azul) e no Bairro Pedra Branca (em vermelho), sobrepostas para realçar semelhanças e diferenças. 52

Figura 11. Caracterização climática da região de Campinas-SP durante o período de monitoramento de *Zaprionus indianus* + outros drosofilídeos (novembro/2018 a fevereiro/2020) nas áreas de alta antropização – CEASA/Campinas e na área de média antropização – Bairro Pedra Branca. 52

Figura 12. Monitoramento de drosofilídeos na região de São Bento do Sapucaí com média antropização – CDRS e de baixa antropização – FRUTOPIA e caracterização climática da região durante o período de Fevereiro/2019 a Fevereiro/2020. 53

Figura 13. Experimento 1. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil, realizado em 01/08/2019 e 02/08/2019. 62

Figura 14. Experimento 2. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil, realizado em 23/01/2020 e 24/01/2020. 63

Figura 15. Experimento 1. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, realizado em 05/09/2019 e 06/09/2019. 64

Figura 16. Experimento 2. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas fermentadas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, realizado em 20/02/2020 e 21/02/2020.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Índice de infestação de drosofilídeos em frutos coletados em quatro municípios do estado de São Paulo (2018/2020). 59
- Tabela 2.** Experimento 1. Médias de captura de drosofilídeos em iscas de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (setembro/2019). 60
- Tabela 3.** Experimento 1. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (setembro/2019). 60
- Tabela 4.** Experimento 1. Médias de captura de Drosofilídeos em armadilhas fermentadas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* na região de Socorro, SP, Brasil. Letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. 60
- Tabela 5.** Experimento 1. Número de Drosofilídeos capturados em armadilhas fermentadas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil. (agosto/2019). 60
- Tabela 6.** Experimento 2. Médias de captura de drosofilídeos em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (fevereiro/2020). 61
- Tabela 7.** Experimento 2. Número de drosofilídeos capturados em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (fevereiro/2020). 61
- Tabela 8.** Experimento 2. Médias de captura de drosofilídeos em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil. (janeiro/2020). 61

Tabela 9. Experimento 2. Número de drosofilídeos capturados em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil. (janeiro/2020).

LISTA DE ABREVIATURAS

APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

FAO - *Food and Agriculture Organization*

SWD - *Spotted-Wing-Drosophila*

CDRS – Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 2. OBJETIVOS | 21 |
| Geral..... | 21 |
| Específicos..... | 21 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 22 |
| 3.1 Família Drosophilidae (distribuição e danos)..... | 22 |
| 3.1.1 <i>Zaprionus indianus</i> | 22 |
| 3.1.2 <i>Drosophila suzukii</i> | 25 |
| 3.2. Variação temporal das espécies <i>Zaprionus indianus</i> e <i>Drosophila suzukii</i> | 27 |
| 3.3. Importância de monitoramento e controle | 29 |
| 3.3.1. Medidas de Controle em frutos hospedeiros | 29 |
| 3.3.2. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 32 |
| 3.3.3. <i>Hanseniaspora uvarum</i> | 35 |
| 3.3.4 Atratividade de fermentos para drosofilídeos <i>D. suzukii</i> e <i>Z. indianus</i> | 35 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 39 |
| 4.1 Monitoramento ou variação temporal..... | 39 |
| 4.2 Coletas de frutos hospedeiros | 41 |
| 4.3. Testes de atratividade no campo com <i>S. cerevisiae</i> x <i>H. uvarum</i> | 41 |
| 4.3. 2 Cultivo de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e <i>Hanseniaspora uvarum</i> em laboratório | 42 |
| 4.3.3 Seleção das amostras de laboratório para realização do experimento | 43 |
| 4.3.4 Delineamento experimental | 43 |
| 4.3.5 Preparação e aplicação das armadilhas | 43 |
| 4.3. 6 Avaliação dos tratamentos | 44 |
| 4. 4 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 44 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 45 |
| 5.1 Monitoramento ou variação temporal..... | 45 |
| 5.2 Frutos hospedeiros..... | 55 |
| 5.3 Testes de atratividade no campo <i>S. cerevisiae</i> x <i>H. uvarum</i> | 57 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 66 |
| 7. REFERÊNCIAS | 67 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas no mundo. Entretanto, apesar da posição que ocupa como produtor suas exportações ainda são relativamente reduzidas. Em grande parte, isso se deve ao rígido controle fitossanitário dos países importadores, motivando cada vez mais o desenvolvimento de estratégias para o controle de pragas, para garantir o sucesso econômico do setor (BÉLO et al., 2009).

Devido ao fato das espécies invasoras ocorrerem em diferentes fases do ciclo de vida, isso pode levar a diversos aspectos econômicos, sociais e implicações biológicas, causando danos ao setor rural quando se tornam praga em culturas. Do ponto de vista ecológico, sua introdução em novos ambientes pode ter enormes consequências para a estabilidade da comunidade nativa. Os invasores podem não só alterar as interações competitivas, como também reduzir o tamanho das populações em uma comunidade, levando às extinções (BÉLO et al., 2009).

Os números de indivíduos e espécies transportados, mesmo involuntariamente, por ação humana são muito grandes. Apenas uma pequena fração das espécies transportadas é capaz de se estabelecer no novo território e tem potencial para se tornar uma praga (MOONEY; CLELAND. 2001).

A produção de frutas aumentou numa taxa anual de aproximadamente 3% na década passada, e em cerca de 13 % até 2017, contra uma produção global de frutas correspondente em média a quase 640 milhões de toneladas de frutas e 1 bilhão de toneladas de vegetais produzidas mundialmente, destacando o Brasil como o maior produtor de frutas da América Latina e o terceiro fornecedor líder no mundo (RAGA et al., 2017).

A família Drosophilidae abrange 4.527 espécies de moscas; em meio a essa grande quantidade de drosófilas, até agora duas delas são consideradas pragas: *Zaprionus indianus* e *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931). Existem muitos questionamentos quanto ao comportamento e dispersão de ambas, para isso é necessária a citação de trabalhos correspondentes a essas duas pragas na literatura, a fim de adquirir uma série de conhecimentos da infestação das pragas em frutos hospedeiros e em diferentes ambientes naturais ou mesmo urbanizados.

O conhecimento sobre as dinâmicas populacionais e estratégias adaptativas pode oferecer subsídios para uma melhor compreensão da dinâmica populacional das espécies invasoras, como também das moscas *Z. indianus* que podem ser uma ameaça aos drosofilídeos neotropicais (LINDE et al., 2006).

Recentemente no Brasil foi verificado o registro de outra praga invasora da família Drosophilidae, que foi identificada como *Drosophila suzukii*. Ela é popularmente conhecida como praga de bagas pequenas, como amoras, cerejas, framboesas, mirtilos, morangos e outras culturas (BELLAMY et al., 2013).

Esta espécie também é polífaga e invasora. Ela pode infestar, além de bagas pequenas, uma grande variedade de frutos como figos, uvas, pêssegos e goiabas (ANDREAZZA et al., 2016).

A dispersão dessas moscas está correlacionada com a falta de monitoramento e manejo em produtos ou frutos comercializáveis, onde as pragas invasoras se estabelecem facilmente em um novo local e em diferentes culturas.

A comercialização mundial de frutas frescas contribui para a dispersão das pragas por difusão passiva e por frutos aparentemente sadios, mas infestados. Pode-se notar, *D. suzukii* foi encontrada no Rio Grande do Sul em pomares de goiaba (*Psidium guajava*), jamelão (*Syzygium jambolanum*) e de pessegueiro (SCHLESENER et al., 2014).

Agroecossistemas oferecem o potencial de observar a dinâmica temporal da composição de espécies em um sistema com estrutura de habitat simplificada e relativamente poucos limites para dispersão. Os pomares de frutas tropicais representam um sistema de estudo no quais alimentos concentrados temporalmente (flores e frutos) pode ser o foco da competição de recursos entre os colonizadores de frutas. Já as espécies de pragas exóticas são comuns em pomares de frutas tropicais, onde elas têm o potencial de deslocar a biota nativa e impor custos econômicos significativos do controle de pragas e danos aos frutos (LOPES et al., 2015).

A dispersão facilitada dessas espécies em diferentes moscas de frutas adultas, por exemplo, se alimenta de néctar de flores e outras fontes de proteínas na superfície das folhas e dos frutos, enquanto as larvas das moscas se alimentam exclusivamente de polpa e na matéria orgânica em decomposição colabora para que exista uma correlação entre drosofilídeos e microorganismos como as leveduras (SCHLESENER et al., 2014).

Os trabalhos publicados recentemente vêm corroborando com fortes evidências as relações entre drosofilídeos e leveduras, que já há muito tempo são conhecidas. As leveduras presentes em frutas podres, serrapilheira, flores e cogumelos favorecem o crescimento e desenvolvimento das larvas, influenciando na oviposição. Além disso, o transporte desses fermentos pelos insetos garante a dispersão desses microorganismos para novos ambientes ou frutos recentemente colonizados. Assim beneficia o desenvolvimento da prole de drosofilídeos com a reprodução de muitos adultos e confinamento das larvas em locais colonizados pelas leveduras. Em contrapartida, a alimentação das larvas favorece cada vez mais os microrganismos pela sua dispersão garantida, sobretudo pelos adultos que os transportam (MORAIS; ROSA. 2000).

Além disso, a praga *Z. indianus* pode ser uma ameaça a diferentes habitats e ecossistemas,

uma vez que a mesma pode desempenhar o comportamento de um drosofilídeo comum como também de praga em culturas específicas, são necessárias diferentes ferramentas de manejo e monitoramento desta espécie.

Isto não exclui a importância de estudos correlacionados a outra praga oportunista *Drosophila suzukii*, pois seu desenvolvimento está ligado a culturas específicas ou ambientes favoráveis para a infestação da mesma em frutos hospedeiros. Sabendo que frutos de bagas pequenas (frutas vermelhas), mesmo sendo pouco descartados e de grande saída comercial, há muitos registros de variável ocorrência dessa praga no Brasil.

A dispersão de ambas as espécies está se dispersando nacionalmente e em grandes centros comerciais das grandes metrópoles como no Estado de São Paulo, com evidências de prejuízos em diferentes culturas e frutos hospedeiros, enfatizando assim a importância do manejo integrado de pragas agrícolas.

No entanto há quatro aspectos de grande importância para manejo de pragas agrícolas, que justificam a importância desse trabalho:

- As duas espécies de drosofilídeos *Z. indianus* e *D. suzukii*, consideradas pragas podem atacar diferentes culturas, por isso é necessário verificar a infestação dessas espécies de moscas em frutos maduros, danificados ou em decomposição de, pelo menos, algumas espécies de interesse, para um levantamento das populações por região e por fruto.

- Dar início a estudos de monitoramento destas pragas em ambientes de centros comerciais (com alta antropização) e em pomares (com média e baixa antropização), para padronizar os métodos de estudo e obter os primeiros dados. Este material é fundamental para qualquer projeto futuro de manejo.

- Estudos de comportamentos das moscas são necessários para estabelecer a atratividade das espécies *Z. indianus* e *D. suzukii* diante da diversidade de leveduras.

- Verificar, por meio de testes com essas moscas e duas espécies de fermentos, no campo, quais são as espécies de leveduras mais atrativas a estas duas espécies.

Considerando todos esses fatores estudos de preferência ou atratividade com fermentos são ainda necessários, para verificar se estes resultados são generalizáveis; bem como, estabelecer e esclarecer as preferências de drosófilas exóticas a diferentes tipos de leveduras, presentes em culturas de frutos infestados. A partir do estudo de atratividade de fermentos por Drosofilídeos, esse trabalho também poderá contribuir no controle de Drosofilídeos com aplicação de armadilhas comerciais.

Saccharomyces cerevisiae é considerada uma levedura anaeróbica facultativa com capacidade de suprir seus gastos energéticos com o ATP oriundo da fermentação, devido a não essencialidade da respiração para a viabilidade. Isto torna este organismo ideal para genética e

bioquímica dos processos responsáveis pela manutenção de mitocôndrias funcionais. (TZAGOLOFF & DIECKMANN, 1990). Devido a suas características morfológicas, esse tipo de fermento permite diferentes aplicações na genética molecular, contudo estima-se que esse tipo de fermento seja o mais utilizado atualmente em estudos que analisam a atratividade de seus componentes, em várias metodologias.

As espécies do gênero *Hanseniaspora*, amplamente conhecidas como "leveduras apiculadas" devido à sua morfologia celular em forma de limão, são amplamente distribuídas em diferentes ambientes e incluem muitas espécies. Expressamente, a espécie *Hanseniaspora uvarum* é frequentemente encontrada em frutos maduros e particularmente em uvas (ZOTT et al., 2008; WANG et al., 2015a).

Esta pesquisa trará um entendimento melhor e abre perspectivas sobre as interações entre moscas das espécies *Z. indianus* e *D. suzukii* com as leveduras, uma vez que se têm poucos registros nas bases de dados, esta associação poderá contribuir para os métodos de captura e controle de drosofilídeos nos campos agrícolas. Abordando estudos nas áreas de biologia, agronomia, microbiologia, entomologia, ecologia molecular dessas espécies da família Drosophilidae, necessários para controlar ou erradicar pragas capazes de provocar danos à agricultura e especialmente à fruticultura brasileira, que é de grande importância econômica no país.

2 OBJETIVOS

Neste trabalho estudamos as pragas agrícolas *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* em locais com variados níveis de antropização, usando duas abordagens diferentes, mas complementares: (a) **monitorar** a ocorrência e a abundância relativa das espécies; (b) realizar **experimentos de atratividade** por iscas fermentadas com duas espécies de fermentos indicadores empíricos de grupos distintos de leveduras.

Especificamente, visamos atender os seguintes tópicos:

○ **Fazer monitoramento em algumas regiões selecionadas com variada antropização:**

- Examinar a variação temporal das espécies *D. suzukii* e *Z. indianus*, durante o período de um ano em diferentes regiões.

- Analisar o aumento ou baixa populacional dessas espécies durante períodos mensais e trimestrais em regiões selecionadas.

- Fazer o monitoramento da abundância relativa das espécies no total de drosofilídeos coletados em locais com variada antropização.

○ **Em duas regiões selecionadas realizar experimentos de atratividade com:**

- As espécies de leveduras *Hanseniaspora uvarum* e *Saccharomyces cerevisiae* para verificar se elas exibem atratividade diferencial, consistente, às espécies pragas em estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Família Drosophilidae (distribuição e danos).

A Família Drosophilidae compreende os organismos conhecidos vulgarmente como “moscas das bananas”, as quais são utilizadas como modelos biológicos para diversas investigações ecológicas, genéticas e evolutivas desde o início do século XX. A família Drosophilidae tem 4.527 espécies descritas (BÄCHLI, 2020).

O gênero *Drosophila* abriga o maior número de espécies dentro desta família, possuindo 1.642 espécies descritas, distribuídas em grupos e subgrupos (BÄCHLI, 2020). Este gênero sofreu reorganizações cariotípicas, como alterações no número cromossômico fundamental, modificações da morfologia e no conteúdo gênico dos elementos cromossômicos, reorganizados, principalmente, através de eventos do tipo inversões paracêntricas (MONTEIRO et al., 2014). Já o gênero *Zaprionus* tem 62 espécies descritas até o momento (BÄCHLI, 2020).

Para uma melhor compreensão das características e dos efeitos sobre o meio ambiente das espécies invasoras, é necessário conhecer as cinco etapas pelas quais as espécies podem se dispersar em uma nova área mudando a ecologia do local. As etapas se iniciam com o transporte; comercialização inadequada de frutos; introdução de espécies num novo local; desenvolvimento e propagação da praga invasiva. Cada uma das etapas ajuda a compreender os princípios de invasão dessas moscas assim como auxiliam em métodos de controle para sua detecção, erradicação, propagação e impacto no ambiente. (LODGE et al., 2006).

Em meio à facilidade de dispersão das espécies em diferentes locais com uma diversidade de fatores bióticos e abióticos, é importante compreender a distribuição e danos das espécies consideradas pragas da Família Drosophilidae, como *D. suzukii* e *Z. indianus*.

3.1.1 *Zaprionus indianus*

Zaprionus indianus é uma praga polífaga e oportunista, por isso é preciso conhecer suas características de dispersão como praga, assim como frutos hospedeiros para ela. Desta forma, podem-se apontar medidas de monitoramento e controle integrado em diferentes locais de cultivo de frutos, em diferentes áreas de pomar dos produtores e até mesmo de áreas comerciais. Torna-se necessário compreender seu potencial de ataque e dispersão em diferentes locais, com base em trabalho já presentes na literatura com respeito ao seu manejo e controle integrado de pragas.

Zaprionus indianus possui características morfológicas bem evidentes, apresenta na região

do tórax, de quatro faixas a sete faixas longitudinais branco-prateadas, em geral contornadas por faixas negras, que ficam em contraste e destacadas nas áreas castanho-aveludadas adjacentes, na região dorso-lateral da cabeça, entre os olhos compostos que atingem as bordas distais dos pedicelos das antenas. Algumas faixas têm continuidade nas bordas do triângulo ocelar fundindo-se na região mediana da fronte, atingindo o ápice da sutura ptilineal, podendo estender-se sobre a carena (VILELA; GOÑI, 2015).

Essa mosca é praga específica da cultura da figueira e oportunista nas demais culturas, sendo que suas medidas de monitoramento e controle são importantes para seu controle e redução ao uso de produtos químicos comerciais, como inseticidas.

A importância econômica da cultura da figueira e algumas das suas características vem sendo um dos maiores entraves na expansão e cultivo para o mercado *in natura* devido à alta fragilidade da fruta no campo, às chuvas, pós-colheita, podridões e desidratação, exigindo mercado e comercialização rápida, uma vez que a possibilidade de elevar as exportações de figos maduros ainda é um grande desafio mundial.

No Brasil as populações de *Z. indianus* são mais comuns em ambientes urbanos e em regiões do Cerrado (savana) podendo afetar diferentes culturas (FERREIRA; TIDON, 2005).

No ano de 1999 foi verificada grande quantidade de moscas e larvas alimentando-se e fazendo postura na região do ostíolo dos frutos na safra do figo Roxo de Valinhos-SP (*Ficus carica* L.; Moraceae), tornando-os impróprios para o consumo humano. Na análise do material em estudos de pesquisas que foi encaminhado para o Instituto Agrônomo de Campinas, SP e para o Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, moscas da família Drosophilidae foram encontradas nos frutos. Essa família da ordem Diptera é composta por mais de 4.300 mil espécies de pequeno porte, em geral com 2,5 mm a 3,0 mm agrupadas em 78 gêneros (BRAKE; BÄCHLI, 2008).

As moscas trazidas foram identificadas como pertencendo à espécie de origem africana *Zaprionus indianus* Gupta (1970), que apresenta distribuição mundial (BÄCHLI, 2020).

Após dois anos do seu primeiro registro, essa espécie de mosca foi encontrada em regiões da Argentina: Ituzaingó (Corrientes) e Montecarlo (Misiones), como também em onze localidades da bacia do rio Paraná (SOTO et al., 2006).

Em regiões de Sobradinho - BA foi vista colonizando frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), jambo (*Jambosa vulgaris*), siriguela (*Spondias purpurea*) e genipapo (*Genipa americana*) e em mais de 100 culturas no litoral do estado de Pernambuco. Em função disso, a população cresceu rapidamente até meados do ano de 2000, representando uma abundância relativa de 2 a 4% em campos agrícolas (SILVA et al., 2005).

Além disso, essa espécie pode ocorrer nas regiões Afro-tropical, Oriental, Australiana e Americana (VILELA et al., 2001; RAGA et al., 2003).

O conhecimento sobre as dinâmicas populacionais e estratégias adaptativas pode oferecer subsídios para uma melhor compreensão da dinâmica populacional das espécies invasoras, como também das moscas *Z. indianus* que representam uma ameaça aos drosofilídeos neotropicais (LINDE et al., 2006).

As larvas de mosca da fruta podem ser usadas como organismos modelo para estudar o efeito neurotóxico do flúor, demonstrando que as larvas tratadas com Fluoreto de Sódio, sofreram distúrbio neurológico que afetou sua aprendizagem e capacidade de memória. Pesticidas contendo flúor podem causar morte de populações de insetos não alvos ou podem reduzir sua eficiência na realização da polinização, afetando seus aspectos de aprendizado e memória (MISHRA et al., 2020).

Lasa et al (2020) examinaram a atração de *Z. indianus* adultos para diferentes cores e combinações de cores em iscas, conforme as condições ambientais de cada local, contendo vinagres, frutas comerciais, sucos e iscas de fermentação inoculados com leveduras também foram avaliadas, demonstrando sua eficácia nos testes em condições de campo.

A dispersão da praga *Z. indianus* vêm sendo detectada em novas áreas de estudos e em novas regiões, demonstrando que além de causar danos em culturas específicas como a do figo, ela está causando infestações em outras culturas como nas uvas do gênero *Vitis* sp., levantando hipóteses de que a mosca-do-figo pode estar associada a infestação conjunta a outras pragas em frutos e culturas específicas, constando que evidentemente poderá ocorrer o duplo ataque de ambas as pragas *Z. indianus* e *D. suzukii*.

Zaprionus indianus e *Drosophila suzukii*, podem ocasionar duplo ataque em diferentes culturas, assim estudos relacionados às duas pragas invasivas são fundamentais e de grande importância agrícola.

Kamel et al (2020) constaram recentemente a infestação da praga *Z. indianus* em uvas, na Tunísia pela primeira vez. Devido a sua facilidade de dispersão e adaptação as diferentes variáveis climáticas, ainda são necessárias o levantamento de novos hospedeiros em diferentes regiões correlacionados a essa praga, já que os prejuízos na agricultura vêm ocorrendo continuamente.

3.1.2 *Drosophila suzukii*

D. suzukii conhecida como “*Spotted-Wing-Drosophila*” (SWD, ou mosca-da-asa-

manchada), é popularmente conhecida como praga de bagas pequenas como amoras, cerejas, framboesas, mirtilos (conhecidos também como arandos ou “*blueberries*”), morangos, e outras culturas (BELLAMY et al., 2013).

Sendo recentemente registrada sua ocorrência no Brasil em 2013, a partir do levantamento de espécie em áreas subtropicais do Atlântico de floresta tropical nos estados do Rio Grande do Sul e em Santa Catarina nos municípios: Botuverá, Erechim, Vila Maria, Nova Veneza e Osório (DEPRÁ et al., 2014).

Além disso, é uma espécie polífaga e invasiva, podendo infestar, além de bagas pequenas, uma grande variedade de frutos como figos, uvas, pêssegos e goiaba, *D. suzukii* é também conhecida como “*Spotted-Wing-Drosophila*” (SWD, ou mosca-da-asa-manchada). Ela é endêmica no sudeste da Ásia e é mais abundante durante a primavera. Ainda assim, o desenvolvimento dessa praga pode ocorrer durante os dias quentes de inverno ou em condições ambientais ideais para ela em outras estações do ano, podendo completar seu ciclo de vida entre 9 a 11 dias, em temperaturas de 25 a 28°C (ANDREAZZA et al., 2016).

As larvas de *D. suzukii* tornam as frutas inadequadas para venda, pois elas se alimentam da carne dos frutos, destruindo-os. Os adultos dessa praga têm tamanho corporal de 2 a 3 mm de comprimento, sendo que os machos são distinguíveis pela presença de um ponto escuro na asa e por dois pentes sexuais curtos no tarso anterior, as fêmeas possuem um ovipositor altamente quitinizado e serrilhado, o que permite a oviposição nos frutos em amadurecimento pré-colheita, maduros, em decomposição, caídos ou danificados (KANZAWA. 1939; GRASSI et al., 2009).

As infestações por essa praga vêm ocorrendo em grande frequência nos diferentes tipos de frutos, culturas e plantas não cultivadas, portanto essas moscas são denominadas pragas de frutos nativos e exóticos, com tegumento frágil em diferentes países (KINJO et al., 2014).

Os maiores registros de danos significativos por essa mosca ocorrem em ameixa (*Prunus* sp.), amora (*Rubus* sp.), caqui (*Diospyros kaki*), cereja (*Prunus* sp.), damasco (*Prunus armeniaca*), framboesa (*Rubus idaeus* sp), mirtilo (*Vaccinium myrtillus*), morango (*Fragaria* sp.) e pêssego (*Prunus persica*), podendo ocorrer ainda em menores proporções em figo (*Ficus* sp.), kiwi (*Actinidia* sp.) e uva (*Vitis* sp.). Da mesma forma há registros de ataque a frutos de tegumento mais resistente, como laranja (*Citrus* sp.) e maçã (*Malus* sp.). (LEE et al., 2011a; LEE et al., 2011b; WALSH et al., 2011; ANFORA et al., 2012).

A extensão mundial de frutas frescas contribui para a dispersão das pragas por difusão passiva e por frutos aparentemente sadios, mas infestados. No entanto, conforme sua extensão regional, foi encontrada no Rio Grande do Sul em goiaba (*Psidium guajava*), jamelão (*Syzygium jambolanum*) e em pomares de pessegueiro (SCHLESENER et al., 2014).

Drosophila suzukii é oriunda do Japão e endêmica no sudeste da Ásia, o seu primeiro

registro fora da área de origem, ocorreu nas ilhas do Havaí em meados de 1980, posteriormente em regiões europeias (Espanha e Itália, França e Rússia), asiáticas (Tailândia, Coreia do Sul, Coreia do Norte, China, Taiwan, Índia e Rússia), como também em outras localidades como Costa Rica (1997) e Equador (1998). No ano de 2008 ela se dispersou para a Califórnia e outras regiões dos Estados Unidos (TEIXEIRA; REGO, 2011; CINI et al., 2012).

O primeiro registro de ocorrência dessa praga no Brasil foi em 2013, a partir do levantamento de espécie em áreas subtropicais do Atlântico de floresta tropical nos municípios: Botuverá, Erechim, Vila Maria, Nova Veneza e Osório, em regiões do Brasil foram constados no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (DEPRÁ et al., 2014).

Posteriormente ocorreu a identificação desta praga nos frutos comprados de um mercado municipal no Estado de São Paulo em cereja importadas do Chile; framboesas importadas do México, mirtilos importados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (VILELA; MORI, 2014).

Em informações demográficas recentes de uma pesquisa de modelagem, foi notada a sua expansão global em programas de monitoramento, onde sua invasão ocorreu na América do Norte e na Europa, sendo possível avaliar as semelhanças biológicas e diferenças entre regiões próximas à sua faixa nativa recentemente invadida por *D. suzukii*. Essas primeiras detecções no leste dos Estados Unidos enfatizaram a importância de alertar grupos agrícolas para a possível chegada de uma nova praga, porém apesar da considerável extensão dos esforços, muitos produtores potencialmente afetados com as culturas não monitoravam nem se preparavam para a infestação dessa mosca, resultando na dificuldade econômica de vendas perdidas devido à detecção de infestação ou rebaixamento de frutas para provocar uma significativa resposta (ASPLEN et al., 2015).

As medidas de controle da mosca-da-asa-manchada vêm sendo testadas por Lanouette et al (2020), através da aplicação da irradiação em laboratório sobre os diferentes estágios, que utilizam alguns parâmetros como sucesso de acasalamento de machos irradiados versus machos controle sob competição. Isso é feito para explorar a receptividade feminina após o primeiro acasalamento com machos irradiados ou controle em adultos de *D. suzukii*, para induzir esterilização sem deformações morfológicas e assim conseqüentemente o controle da praga em questão. Ressaltando-se que machos irradiados têm a capacidade de acasalar com um número semelhante de fêmeas que os machos controle em ausência de competição e têm latência e duração semelhantes aos machos controle, representando assim um passo importante no desenvolvimento de um programa de técnica de insetos estéril contra esta praga.

Clyman et al (2020) verificaram em condições laboratoriais e de campo, a adequação de pós de pigmentos fluorescentes para marcar simultaneamente alguns grupos de moscas adultas de *D. suzukii*. Os efeitos sobre o comportamento foram testados em ensaios de armadilhas de laboratório e em uma recaptura de campo. A metodologia de marcação mostrou-se eficiente (produzindo uma

alta marca visível e inequivocamente identificável) e altamente durável (com alta persistência nas moscas vivas e moscas em condições de captura / armazenamento), tornando-o altamente adequado para os estudos de recuperação.

Souza et al (2020) avaliaram a composição química a toxicidade de inseticidas em adultos de *D. suzukii* por ingestão e aplicação tópica de *Piper* spp. Seu objetivo foi avaliar a letalidade e a toxicidade dos produtos em adultos de *D. suzukii* por ingestão e aplicação tópica, assim como o comportamento de oviposição e a seletividade no parasitoide pupal *Trichopria anastrephae* em comparação com um inseticida Spinosyn, constatando que houve baixa toxicidade do produto para o parasitoide e as espécies vegetais do estudo, onde ambos podem ser utilizados para o controle integrado das pragas como *D. suzukii*, e para as aplicações práticas agrícolas.

No Brasil essa praga vem se disseminando através de frutos hospedeiros, devido à falta de seu monitoramento e controle, sua primeira ocorrência foi constada no Rio Grande do Sul, posteriormente no Paraná e em seguida no Estado de São Paulo, ocasionando grandes prejuízos aos produtores agrícolas (DEPRÁ et al., 2014; ZANUNCIO-JUNIOR et al., 2018; LOUZEIRO, SOUZA-FILHO, BULGARELLI., 2019).

3.2 Variação temporal das espécies *Zaprionus indianus* e *Drosophila suzukii*

O levantamento da população e fertilidade dos machos de *Zaprionus indianus* em diferentes gradientes de temperatura e umidade demonstrou que essa espécie é mais suscetível a temperaturas médias entre 18° C e 26° C, não sendo resistentes a temperaturas extremas acima de 30° C (ARARIPE et al., 2004).

A mosca *Zaprionus indianus* têm alto potencial como vetor de doenças, pois apresenta uma boa capacidade de dispersar os patógenos encontrados no ambiente, podendo ser uma das ferramentas utilizadas para monitorar a biodiversidade ao longo dos anos, em diferentes ambientes como habitações familiares, ausência de saneamento básico e criação de animais domésticos, como porcos, cavalos e cães e até mesmo parques florestais, observando diferenças de sazonalidade, antropização, temperatura e umidade nesses locais, cuja praga estava presente em todos os ambientes (CRUZ et al., 2018).

Santoiemma et al (2018) para verificar a dispersão em diferentes ambientes da outra espécie considerada praga, *Drosophila suzukii*, compararam diferentes áreas de monitoramento com 200 km² de extensão nas cidades Valpolicella, Valpantena e Val di Mezzane na Itália. Elas têm temperaturas anuais variáveis de 18° C a 30° C, sendo a precipitação anual de 860 mm e as altitudes de 190 a 570 m acima do nível do mar, ambas as áreas são caracterizadas por seis tipos de habitats

Floresta, pastagem, vinha, oliva e pomar de cereja (*Prunus avium* L.). De acordo com a pesquisa a área de Floresta composta por espécies vegetais: *Ostrya carpinifolia* Scop., *Fraxinus ornus* L., *Quercus pubescens*, *Acer campestre* L., *Robinia pseudoacacia* L. e *Prunus mahaleb* L., apresentaram maior variação sazonal de fêmeas de *Drosophila suzukii* ao longo do tempo, considerando os habitats florestais como maior fonte de pragas em culturas alternativas durante o período de Inverno e de frutificação tardia, cujos problemas emergentes estão interligados à invasão de pragas generalistas exóticas em países temperados da Europa e América do Norte.

Haro-Barchin et al (2018) realizaram o monitoramento de *D. suzukii* na Holanda durante o inverno e a primavera, utilizando armadilhas iscadas do tipo Dros'Attract® (Biobest, Westerlo, Bélgica), em campos de mirtilo e de plantações mistas (milho, batata ou grama) sem mirtilo ou qualquer outra fruta, as coletas demonstraram efetivamente maior número de *D. suzukii* em plantações mistas durante o inverno, e conseqüentemente na primavera maior número de indivíduos em campos de mirtilos. Supostamente a infestação de moscas em áreas de mirtilo e não estão relacionadas com a quantidade de floresta na paisagem circundante, onde houve maior acumulação das populações de *D. suzukii* nas áreas de florestas durante o inverno, para atingir um pico de população na primavera, levantando a hipótese que áreas de florestas fornecem refúgio para essas populações em agroecossistemas dificultando as medidas para controle das pragas.

Parâmetros da biologia e comportamento dessas pragas são importantes para agregar as medidas de monitoramento e controle, uma vez que dados de sazonalidade, temperatura, umidade e área de estudo influenciam o comportamento de ambas as espécies.

Sendo assim Shawet et al (2018) através da pesquisa ecológica determinaram os parâmetros ambientais que regulam a oviposição diurna em *D. suzukii* a partir de armadilhas iscadas de monitoramento do tipo *Droso Trap*® da Biobest, sendo as fêmeas capturadas e dissecadas para determinar a fecundidade no início de cada experiência pela identificação de ovários e ovos maduros. Analisaram que a oviposição média ou a oviposição reprodutiva por hora foi significativamente maior na luz em comparação com condições escuras nos ensaios laboratoriais e de campo, uma vez que houve pico de oviposição nas temperaturas máximas entre 19 e 22°C, não havendo diferença significativa entre os ensaios de campo laboratório, assim foi possível determinar previsões de oviposição em populações selvagens de *D. suzukii* ciclo de temperatura, a partir dos padrões de oviposição.

Analisar as variáveis climáticas de determinado local é importante para conhecer as faixas de distribuição de determinada praga. Fraimout & Monnet (2018) analisaram oito variáveis climáticas como: temperatura; precipitação em um determinado local; temperatura média anual; precipitação média anual; sazonalidade da temperatura; sazonalidade da precipitação; temperatura do mês mais frio e quente; precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso; visualizando as

distribuições dos dados de ocorrência e suas variáveis ambientais associadas no espaço climático, em meio a análise de dados e estimativas da abundância relativa de *D. suzukii*. Os intervalos de nicho nativo para seus dois principais componentes estavam nas faixas invadidas entre 97 e 100%, na Ásia para os Estados Unidos estava em (18%); da Ásia para a Europa estava em (36%); dos Estados Unidos para a Europa o nicho substancial de abastecimento estava mais alto com (43%). Embora *D. suzukii* tenha colonizado a maioria dos continentes do mundo. A significativa quantidade de nichos em falta nos EUA e na Europa, fora de equilíbrio climático, têm o potencial de espalhar-se ainda mais nessas duas áreas.

Enriquez et al (2020) testaram as influências das variáveis climáticas de *D. suzukii* na fecundidade, capacidade de acasalamento e no seu ciclo de vida, constataram que nas temperaturas entre 5 ou 7,5 °C a fecundidade e os outros fatores foram prejudicados e que a temperatura de 20°C, foi considerada ideal para a estabilidade do nicho ecológico dessa praga.

Varón-González et al (2020) analisaram a variação temporal da mosca *D. suzukii*, de acordo com alguns parâmetros fisiológicos como os tamanhos de manchas diferentes, a plasticidade de populações invasoras e nativas, assim como a seleção sexual das espécies, indicando que de fato altas temperaturas influenciam no desenvolvimento dos fatores mencionados em ambas as populações de moscas e que temperaturas mais baixas podem interromper aqueles fatores em ambas as espécies em questão.

Wang et al (2020) analisaram as variáveis climáticas em frutas infestadas pela praga *D. suzukii*, verificaram no entanto que entre os seis estágios de desenvolvimento (ovo, primeiro, segundo e terceiro instares, pupas precoce e tardia) de *D. suzukii* em uvas, o ovo foi o mais tolerante ao frio nos testes comparados ao tempo-resposta e confirmação em larga escala, com eficácia de 99,9941 e 99,9948%, a fim de proporcionar pós-colheita controle de pragas e segurança de quarentena para o comércio internacional, sugerindo que o tratamento a frio possa ser usado como alternativa para o controle desta praga na uva e em outras culturas.

3.3 Importância de monitoramento e controle

3.3.1 Medidas de controle em frutos hospedeiros

As pragas generalistas podem usar múltiplas plantas hospedeiras e usar múltiplos habitats na Europa, entre diferentes espécies de plantas hospedeiras, os gêneros *Cornus*, *Prunus*, *Rubus* e *Sambucus* sp., provaram ser as maiores fontes de infestação para *D. suzukii* durante o período de frutificação tardia antes do Inverno. Além disso, Kenis et al (2016), verificaram que habitats alternativos não cultivados podem servir como um refúgio físico para a mosca-da-asa-manchada

(SWD), enquanto os campos de cultivo são pulverizados com inseticidas na temporada de colheita.

Shawer et al (2018) realizaram bioensaios em laboratório utilizando formulações de inseticidas óleos minerais e fungos entomopatogênicos, registrados na Europa, como estratégia de controle de *D. suzukii*, no período de junho por três anos consecutivos de 2013 a 2015. Os inseticidas comerciais estão classificados como Danadim®, Spada® 200 EC e Spada® WDG do grupo de organofosforados; Decis EVO®, Karate Zeon® do grupo piretróides; Py Ganic® do grupo piretrinas; Actara®, Calypso®, Epik SG®, Kohinor® 200 SC do grupo Neonicotinóides; Laser®, Delegate® do grupo espinosinas; Exirel® do grupo Diamides; Naturalis® grupo de fungos entomopatogênicos e Ultra-Fine® do grupo óleos minerais, sendo que todos os produtos ocasionaram alta mortalidade de fêmeas de *D. suzukii*, exceto o óleo mineral, quando comparados ao controle. Os Inseticidas: Danadim®, Delegate®, Exirel® e Karate Zeon®, reduziram significativamente a emergência de adultos de *D. suzukii* com eficácia de até 100% após a incubação dos frutos tratados. Para estabelecer métodos de controle eficazes, devem ser incorporados em uma estratégia em que os inseticidas com diferentes modos de ação e perfis mais favoráveis devem ser usados quando necessário, com benefícios não só para a saúde humana e ambiental, mas também em termos da vida útil dos inseticidas atualmente eficazes, reduzindo os riscos de resistência a pesticidas.

Elsensohn & Loeb (2018) analisaram a diversidade de hospedeiros em diferentes ambientes, como na América do Norte e na Europa, a partir de amostras de frutos de amoras, cerejas, framboesas, mirtilos, madressilva-de-jardim e amora-do-mato, sendo que os dois últimos frutos tiveram maior potencial de infestação. Em geral, o padrão de infestação entre os dois anos foi semelhante com baixa infestação em junho e julho, porém com um aumento constante e pico em agosto, seguido por um declínio acentuado começando em meados de setembro até o final de novembro; apresentando nas coletas do período de agosto alta infestação de adultos de *D. suzukii* emergiu, em geral, atingindo o pico quando a taxa de infestação.

Lasa et al (2019) testaram atração à polpa de framboesa comercial, aroma sintético, iscas comerciais em experimentos *in vitro* e com armadilhas Suzukii Trap®, no período de um ano, sendo que a polpa de framboesa comercial foi um atrativo mais eficaz para as moscas *D. suzukii*.

Khan et al (2019) realizaram testes de campo em áreas comerciais de mercado, na cidade de Peshawar no Paquistão, contendo essências artificiais de morango, goiaba ou banana, para identificar a atratividade à hospedeiros, nos testes em condições de laboratório e também no campo, entre eles a isca morango-essência atraiu significativamente mais adultos *D. suzukii* do que as outras iscas testadas, sendo assim o melhor alvo para atratividade e monitoramento desta praga.

O conceito de atrativos direcionados para espécies de drosofilídeos é razoável, pois os produtos de fermentação são atraentes para os drosofilídeos, que exibem diferenças nas preferências

olfativas. Essas preferências de espécies específicas para diferentes leveduras podem estar relacionadas a adaptações evolutivas como sobrevivência contra drosofilídeos concorrentes sobre recursos finitos, dependendo da espécie. Neste caso, para *D. suzukii*, a atração preferencial pode estar relacionada a adaptações fisiológicas que estimulam a oviposição em frutos maduros, enquanto as necessidades nutricionais das larvas podem ter mudado ao longo do tempo para permitir que *Z. indianus*, pudesse ovipositar em figos maduros. Isso permite levantar a hipótese de que a atração por diferentes comunidades de leveduras pode tolerar a coabitação em um determinado ambiente, pois *Drosophila suzukii* é atraída não apenas pelo amadurecimento de frutas e leveduras, mas também pelos odores emitidos do tecido da folha. Após a chegada mediada pelo olfato à planta, podem ser fornecidas sugestões ambientais adicionais induzindo comportamentos como alimentação, reprodução ou oviposição. Essas preferências, uma vez totalmente caracterizadas, podem ser usadas para vigilância de campo direcionada, estratégias de atrair e esterilizar ou atrair e matar, *D. suzukii* que apresenta preferências olfativas únicas comparadas aos drosofilídeos não alvo, enquanto não foram observadas preferências de atratividade entre *Z. indianus* e drosofilídeos não visados (WILLBRAND; PFEIFFER, 2019).

Cordeiro et al (2020) verificaram as respostas comportamentais das diferentes concentrações dos compostos olfativos em dietas artificiais, que afetaram os índices de oviposição das fêmeas de *D. suzukii*, levantando hipóteses para a identificação dos principais produtos químicos eficientes para o controle das pragas, como uma estratégia na gestão e controle desse inseto nocivo para as culturas.

Estudos comparativos em monitoramento realizados com estufas posicionadas em locais de campo para frutas agrícolas cultivadas ao ar livre e em ambientes florestais, na Coreia, constataram que uma quantidade de morangos (*Fragaria X ananassa*; Rosales; Rosaceae) são cultivadas em estufas para consumo doméstico e de exportação- como frutas sazonais de inverno - normalmente do final de outubro ao início ou final de maio. No entanto, dois blocos de morangos com estufa por aproximadamente 19 e 15 meses, respectivamente, após a seleção de atrativos e armadilhas instaladas dentro e fora das estufas de morango, bem como nas florestas próximas para avaliar os padrões de ocorrência de SWD durante todo o ano. Além disso, os morangos caídos dentro das estufas foram coletados e examinados para ver se alguma SWD surgiu para complementar os dados de monitoramento de armadilhas. Conseqüentemente, a possibilidade de SWD entrar nas estufas de morango, principalmente durante a captura no período zero dentro das estufas e após depositando seus ovos em morangos com efeito de estufa podem ser muito baixos, desde que as populações SWD da floresta também permanecem baixas (HWANG, et al., 2020).

Ulmer et al (2020) testaram a capacidade de espécies vegetais como *Pyracantha coccinea* em estufas, como medidas de controle da infestação da praga *D. suzukii* em plantações de morango,

já que essa espécie vegetal demonstrou alto potencial de controle, esse poderá ser um método alternativo para gerenciar as populações de pragas, assim como controlar a mortalidade da dos ovos e larvas.

Os diferentes modos de controle e manejo dessas pragas em frutos hospedeiros, ainda assim alguns desses produtos não são suficientes para total controle de ambas as pragas com isso produtores orgânicos e também não orgânicos, procuram medidas mais sustentáveis como atrativos naturais e fungos entomopatogênicos que não afetam o meio ambiente quando se estabelece seu uso excessivo ou frequente.

3.3.2 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae é considerada uma levedura anaeróbica facultativa com capacidade de suprir seus gastos energéticos com o ATP oriundo da fermentação, devido a não essencialidade da respiração para a viabilidade. Isto torna este organismo ideal para genética e bioquímica dos processos responsáveis pela manutenção de mitocôndrias funcionais. A Genética e caracterizações moleculares do DNA mitocondrial de levedura permitem uma compreensão bastante detalhada da contribuição deste genoma para a propagação de uma organela com capacidade respiratória (TZAGOLOFF & DIECKMANN, 1990).

Devido a suas características morfológicas, esse tipo de fermento permite diferentes aplicações na genética molecular, contudo estima-se que esse tipo de fermento seja o mais utilizado atualmente em estudos que analisam a atratividade de seus componentes, em várias metodologias.

O número de mitocôndrias e produtos genéticos é pequeno, mas eles são críticos para a expressão da competência respiratória devido a seu aspecto catalisador nas funções de transporte de elétrons e na fosforilação oxidativas. Como resultado de esforços mais recentes em muitos laboratórios, existe um corpo de informações em rápido crescimento sobre a dependência do potencial respiratório das leveduras em uma vasta gama de genes localizados no núcleo. Muitos desses novos dados surgiram de estudos de mutantes com deficiência respiratória de *S. cerevisiae* (TZAGOLOFF & DIECKMANN, 1990).

A estrutura morfológica permite diferentes estudos correlacionados a bioquímica, como por exemplo, análise de mutações em seus cromossomos moleculares, com diferentes finalidades.

No entanto as lesões bioquímicas sofridas por esses mutantes acabaram fornecendo um plano de como as mitocôndrias podem favorecer o estudo de mutantes aplicado a qualquer cepa de *S. cerevisiae* que, como resultado de uma mutação no DNA nuclear perde a capacidade de usar fontes de carbono não fermentáveis. De acordo com essa definição, os mutantes dessa mosca, são condicionais de substrato, mas podem, além disso, ter propriedades de crescimento condicionais em

outros fatores ambientais, com incapacidade de crescer em um ambiente com substrato não fermentável pode ser dependente da temperatura (TZAGOLOFF & DIECKMANN, 1990).

Acredita-se que as mutações em suas estruturas morfológicas fornecem evidências de que as mutações em genes desses tipos de fermentos podem estar associadas aos comportamentos e crescimento de *S. cerevisiae* em diferentes ambientes.

A definição de mutantes de animais de estimação, eles são identificados apenas com base no seu fenótipo de crescimento, sem prejuízo do tipo de função que pode ser afetada. As maiorias das mutações que levam ao fenótipo de crescimento de mutantes de estimação definem produtos gênicos que são diretamente envolvidos no metabolismo oxidativo das mitocôndrias ou são necessários para a expressão dessa atividade, mas há exceções (TZAGOLOFF & DIECKMANN, 1990).

Um caso em questão envolve mutações em certas enzimas gliconeogênicas necessárias para a conversão de açúcares em substratos não açucarados da glicose, necessários para a biossíntese da parede celular. Os mutantes não crescem em substratos não fermentáveis e têm um fenótipo aparente com defeito respiratório mesmo que a capacidade oxidativa e fosforilativa persista (TZAGOLOFF & DIECKMANN, 1990).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é um organismo celular capaz de se dividir rapidamente em meio padrão para seu cultivo, suas células se reproduzem brotando e aumentando seu tamanho ao longo do ciclo celular, proporcionando assim uma morfologia indicadora do progresso do ciclo (HARTWELL, 1974).

O organismo possui um amplo sistema genético, cujas células haplóides a octaplóides passam pelo mesmo ciclo mitótico, sofrem mutações recessivas onde os efeitos de dosagem de genes podem ser examinados. Além do mais, os elementos básicos da estrutura celular, síntese de macromoléculas, replicação de cromossomos e segregação cromossômica em *S. cerevisiae* são extensamente homólogas a células vegetais e de animais superiores. Ambos sugerem que *S. cerevisiae* pode ser o mais tratável dos organismos experimentais na sua utilização, para uma combinação genética, fisiológica, na análise bioquímica do ciclo de divisão da célula mitótica em eucariotos (HARTWELL, 1974).

Leveduras do gênero *Saccharomyces* spp., descrito inicialmente por Reess em 1870, são classificadas como fungos ascomicetos pertencentes à ordem Saccharomycetales e à família Saccharomycetaceae (KURTZMAN, 2011 in TEIXEIRA, 2015).

Em *Saccharomyces cerevisiae* (espécie tipo do gênero) os níveis de glicose controlam padrões metabólicos celulares, como a mudança de respiração para fermentação quando há alta disponibilidade do açúcar no meio, mesmo com a presença de oxigênio, resultando em produção de etanol, que confere vantagem competitiva em compensação ao rendimento máximo de ATP

(adenosina trifosfato), muito maior na respiração (DE DEKEN, 1966; OTTERSTEDT et al., 2004; MERICO et al., 2007 in TEIXEIRA, 2015).

Essa estratégia é utilizada por leveduras que consomem açúcares mais rapidamente do que outras espécies ou microrganismos, produzindo elevadas concentrações de etanol o qual, por sua vez, atua como inibidor do crescimento microbiano, especialmente de bactérias. As leveduras que adotam tal estratégia fazem uso, então, das demais fontes de carbono presentes no meio, estabelecendo uma dominância competitiva no nicho em questão (DASHKO et al., 2014 in TEIXEIRA, 2015).

As compreensões sobre o funcionamento atual das células apoiam bastante os estudos sobre células de microrganismos. A partir de um organismo modelo procura-se estabelecer as características morfológicas de organismos eucariotos unicelulares como as leveduras, necessários para estudos sobre células e tecidos em sistemas celulares complexos. As leveduras e seus parentes multicelulares têm papéis importantíssimos na decomposição de restos de animais e vegetais (LODISH, et al. 2014).

À contraposição *Saccharomyces cerevisiae*, têm se mostrado um organismo experimental de diversas utilidades em diferentes estudos, apesar de serem homologas, possuem mais de 6.000 proteínas expressas. Além da facilidade para replicação, essas leveduras podem se reproduzir assexuadamente e sexualmente (LODISH, et al. 2014).

Saccharomyces cerevisiae é uma levedura de alto grau alimentício com status "geralmente considerado seguro". Têm sido utilizadas na produção de alimentos fermentativos (pão), bebidas (cerveja, vinho e destilados), e biocombustíveis. Também é usado como uma fábrica de células para a produção de produtos farmacêuticos e outros compostos bioquímicos. Aproveitado como uma força de trabalho na indústria de fermentação e um organismo modelo de estudo em laboratório, o genoma de *S. cerevisiae* foi moldado por milênios através de diferentes eventos antropogênicos de domesticação.

O genoma de *S. cerevisiae* foi o primeiro genoma eucariótico a ser sequenciado (1996 e atualizado em 2010). Uma versão sintética (Sc 2.0) do genoma do BY Atualmente, a linhagem da cepa de referência S288c está sendo construída por uma levedura internacional em larga escala. 2.0 e será o primeiro genoma eucariótico sintético do mundo (BELDA, et al., 2019).

Os genomas dessas leveduras estão associados a diferentes aplicações moleculares, que podem ser analisadas a partir de genoma sequenciado e assim constatar a identificação de suas espécies em diferentes locais.

3.3.3 *Hanseniaspora uvarum*

As espécies do gênero *Hanseniaspora*, amplamente conhecidas como "leveduras apiculadas" devido à sua morfologia celular em forma de limão, são amplamente distribuídas em diferentes ambientes e incluem muitas espécies. Expressamente, a espécie *Hanseniaspora uvarum* é frequentemente encontrada em frutos maduros e particularmente em uvas (ZOTT et al., 2008; WANG et al., 2015a). *Hanseniaspora uvarum* também é frequentemente isolado de outras bebidas fermentadas, como sidra, vinho de palma e suco de caju, tequila, aguardente de cana (OWUAMA & SAUNDERS, 1990; LACHANCE, 1995; MORAIS et al., 1997; VALLES et al. 2007). Esta levedura também foi isolada de substratos exóticos, como café africano e na produção de chocolate (MASOUD et al., 2004; ILLEGHEMS et al., 2012; BATISTA et al., 2016).

Hanseniaspora uvarum apresenta propriedades antagônicas contra o desenvolvimento de bolores responsáveis pela deterioração dos frutos e foi proposto como agente de biocontrole contra patógenos vegetais, como *Botrytis cinerea* em uvas e morangos e *Penicillium* sp. em citros (LONG et al., 2005; CAI et al., 2015). Por outro lado, *H. uvarum* é considerado uma levedura deteriorante em alguns processos, como produção de iogurte, suco de laranja, cerveja e mel (WILES, 1950; KOSSE et al., 1997; RENARD et al., 2008; PULVIRENTI et al. 2009).

Na natureza, o *H. uvarum* foi isolado de diferentes fontes, como solos, plantas, insetos, aves, moluscos e camarões, além disso, ocasionalmente, foi encontrado como isolado clínico em humanos, onde é considerado oportunista (ALBERTIN et al., 2016). A difusão generalizada e a importância econômica desta espécie de levedura demonstram a alta potencialidade para aplicação de *H. uvarum* na biotecnologia alimentar e, especialmente, no setor vinícola em termos de inovação de produtos e processos (TRISTEZZA et al., 2016; CAPOZZI et al., 2019; BERBEGAL et al., 2017).

3.3.4 Atratividade de fermentos para drosofilídeos *D. suzukii* e *Z. indianus*

Klaczko et al (1983) estudando várias espécies de *Drosophila* em florestas temperadas demonstraram que iscas atrativas variadas são diferencialmente eficientes quando utilizadas com diferentes tipos de fermentos. Essas iscas podem ser influenciadas pela diversidade e ecologia do local onde foram disponibilizadas. Esses estudos também demonstraram que a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é um tipo de fermento que pode ser eficiente em iscas para *Drosophila*. Entretanto, *Hanseniaspora uvarum* (à época chamada de *Kloeckera apiculata*) mostrava-se um fermento de notável capacidade de atração.

Nas safras que ocorrem nos períodos de dezembro a abril no início da maturação dos figos, foi constatada a ocorrência da levedura *Candida tropicalis* no ostíolo dos frutos, acelerando o processo de deterioração nos figos de cultivar roxo de Valinhos-SP. Isto pode ser um grande

atrativo para as moscas das frutas, quando estimulam a sua desova e propagação (GOMES et al., 2003).

Hoang, Kopp & Chandler (2015) mostraram usando experimentos *in vitro* que *D. melanogaster* coletadas em vinhedos operacionais não têm preferência alimentar à *Saccharomyces cerevisiae*. Os isolados utilizados foram *Brettanomyces naardenensis*, *Debaryomyces hansenii*, *Hanseniaspora occidentalis*, *Hanseniaspora uvarum* e *Saccharomyces paradoxus*, obtidos da Universidade de Califórnia. No entanto os resultados mostraram que *D. melanogaster* prefere três tipos de leveduras *B. naardenensis*, *H. occidentalis* e *H. uvarum*. Com isso, inferiram que *S. Cerevisiae* era uma espécie sem importância para a ecologia dos drosofilídeos.

Batista et al. (2016) em contraposição, analisaram as espécies de fermentos associadas no campo com diferentes espécies de *Drosophila* nativas e exóticas em um fragmento da Mata Atlântica. Eles constataram que a levedura *S. cerevisiae* está presente no trato digestivo de espécies endêmicas como: *Drosophila paraguayensis*, *D. mediopunctata* e *D. unipunctata*, sendo o subgênero *Drosophila* de maior ocorrência em iscas coletadas no campo.

Outras pesquisas como de Batista et al (2017) avaliaram as preferências das espécies de *Drosophila* de diferentes grupos em estudos de campo com iscas de *H. uvarum* e *S. cerevisiae*, a partir de um fragmento florestal neotropical do Atlântico Floresta tropical localizada em Itatiba - SP. Eles usaram essas espécies de fermento como indicadores empíricos de grupos de levedura, já que anteriormente uma diferença marcante havia sido registrada em trabalho de levantamento populacional dessa mosca (Klaczko et al., 1983). Entre os grupos analisados as espécies invasoras e do Subgênero *Sophophora* preferem *H. uvarum* e espécies nativas e do subgênero *Drosophila* preferem *S. cerevisiae*.

No Trabalho de Bellutti et al. (2018) diferentes espécies de leveduras: *H. uvarum*, *Issatchenkia terricola*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Candida* sp., *Metschnikowia pulcherrima*, *Saccharomyces vini* e *S. cerevisiae*, foram testadas como atrativos ou estimulantes de alimentação durante o período larval e de oviposição para *D. sukuzii*. Fêmeas do laboratório e da população selvagem tratado com a levedura *Candida* sp. e *S. cerevisiae* colocaram significativamente mais ovos do que as fêmeas dedicadas às outras leveduras. No entanto, no desenvolvimento de larvas, *H. uvarum* e *Candida* sp., causaram um pequeno efeito benéfico na sobrevivência de *D. sukuzii*.

Quan & Eisen (2018) demonstraram que *Drosophila* é vetor de um conjunto distinto de leveduras em estudos realizados em quatro vinícolas diferentes ao longo de duas safras na área da Baía de São Francisco, Califórnia, Estados Unidos. Em nível de espécie *Hanseniaspora uvarum* e *S. cerevisiae* foram predominantes em relação às demais espécies: *Pichia manshurica* e *Issatchenkia orientalis*.

No trabalho de Meshrif et al. (2016) foi verificada em testes de atratividade que as leveduras

podem afetar a taxa de sobrevivência e desenvolvimento de drosófilas; das duas espécies de fermentos testadas, e *Pichia toletana* e mostrou significativamente mais atrativa do que *Metschnikowia pulcherrima*.

Lasa et al. (2017) testaram diferentes iscas alimentares em armadilhas caseiras e comerciais, para as espécies *D. suzukii* e *Z. indianus*, seu estudo demonstrou que a armadilha caseira contendo mistura fermentadora de açúcar-levedura foi mais eficaz na captura de adultos de *D. suzukii* em laboratório, do que em condições do campo onde houve maior retenção de adultos em armadilha comercial (Suzukii Trap ®) com iscas tóxicas.

Entretanto as leveduras são utilizadas comercialmente em iscas de atratividade para controle de Drosofilídeos, outras aplicações sugerem a utilização de diferentes espécies de fermentos para controle biológico e também de outras pragas (LASA et al., 2017).

Bellutti et al. (2018) realizaram bioensaios com diferentes atrativos de levedura *H. uvarum*, *Issatchenkia terricola*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Candida* sp., *Metschnikowia pulcherrima*, *Saccharomycopsis vini* e *S. cerevisiae* (comercial), para *D. suzukii*, como dieta artificial em laboratório com condições normais de temperatura com $22 \pm 0,5^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $75 \pm 3\%$, fotoperíodo L16: D8. Os resultados demonstraram uma forte associação da espécie da praga invasiva espécie com diferentes tipos de fermentos, cujo efeito para sobrevivência larval e oviposição feminina foram maiores quando os adultos foram alimentados. No entanto a sobrevivência foi significativamente maior quando as larvas foram alimentadas com a levedura *H. uvarum*, estimulando o desenvolvimento da mosca.

As espécies de leveduras *S. cerevisiae* e *Aureobasidium pullulans* melhoraram a eficácia de determinados inseticidas quando adicionadas como estimulante de alimentação, podendo ser uma alternativa para o controle de pragas como *Drosophila suzukii* em cultivos orgânicos (KNIGHT et al., 2016).

Fountain et al (2018) investigaram o microbioma do canal alimentar *D. suzukii* para explorar a biologia e potenciais hábitos alimentares desta praga de insetos no inverno, durante dois anos através de coletas em armadilhas para identificar unidades taxonômicas operacionais por meio de leituras e identificação de fungos, bactérias e leveduras, as leituras sequenciadas demonstraram que o filo mais representativo foi o Proteobacteria com 81,6%; os dados fúngicos que continham 117 gêneros, demonstraram que não houve correlação entre gêneros: *Geomyces*, *Cryptococcus* e *Penicillium*, ambos foram comuns. Além disso, entre as leveduras não identificadas do gênero *Hanseniaspora* (semelhante à *Hanseniaspora valbyensis*), *H. uvarum* e *Hanseniaspora valbyensis*, a última esteve presente com maior frequência em sítios de coletas quando comparada às demais.

A levedura *Candida tropicalis* está associada a figos infestados por *Z. indianus* (RAGA et al., 2001; GOMES et al., 2003) e causa crescente depreciação dos figos durante a produção e

comercialização, além de atrair adultos da praga para alimentação e postura (RAGA, 2003; RAGA et al, 2017) o que torna os danos da mosca-do-figo bastante severos. Ainda na safra 2000/2001 alguns ficicultores, sobretudo do município de Campinas-SP, abandonaram seus pomares em vista do elevado número de frutos atacados por este drosofilídeos (RAGA et al., 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Monitoramento ou variação temporal

A avaliação da abundância relativa das espécies *Zaprionus indianus* e *Drosophila suzukii* foi realizada com diferentes periodicidades, em locais com variada antropização, a saber: a) coletas mensais na região de Campinas/SP em dois locais: CEASA/Campinas (alta antropização) (22°50'41.85"S e 47°05'53.22"W) e Bairro Pedra Branca (pomar comercial de frutas) (média antropização) (22°59'36.31"S e 47°05'35.67"W); b) coletas trimestrais na região de São Bento do Sapucaí em dois locais: Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável (CDRS/Núcleo de Produção de Mudas de São Bento do Sapucaí) (média antropização) (22° 41' 9,46" S; 45° 44' 11, 39" W; altitude 889 m) e na propriedade FRUTOPIA (baixa antropização) (22° 37' 32,98" S; 45° 341' 53, 95" W; altitude 1619 m); c) coleta única no município de Pindamonhangaba na propriedade do Sr. Saint Clair de Vasconcelos (baixíssima antropização) (23° 45' 07,1" S; 45° 30' 40, 5" W; altitude 1819 m) (Figura 1).

As coletas mensais e trimestrais foram monitoradas e contabilizadas durante o período de novembro/2018 até fevereiro/2020. Para a captura dos insetos nas áreas de coleta foi utilizado à rede entomológica com fundo tubular apropriada para captura de drosofilídeos.

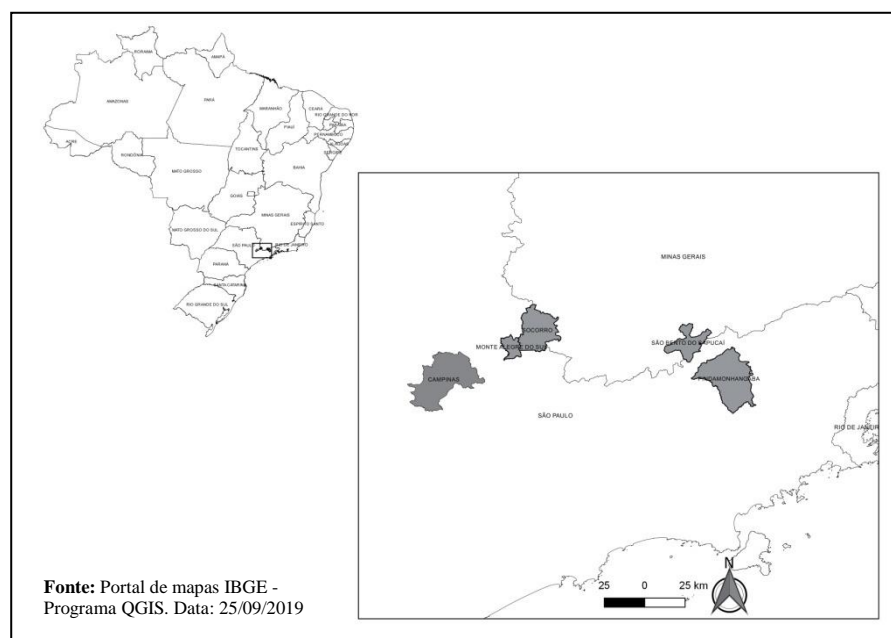


Figura 1. Regiões de Monitoramento no Estado de São Paulo, na região de Campinas; São Bento do Sapucaí e Pindamonhangaba.

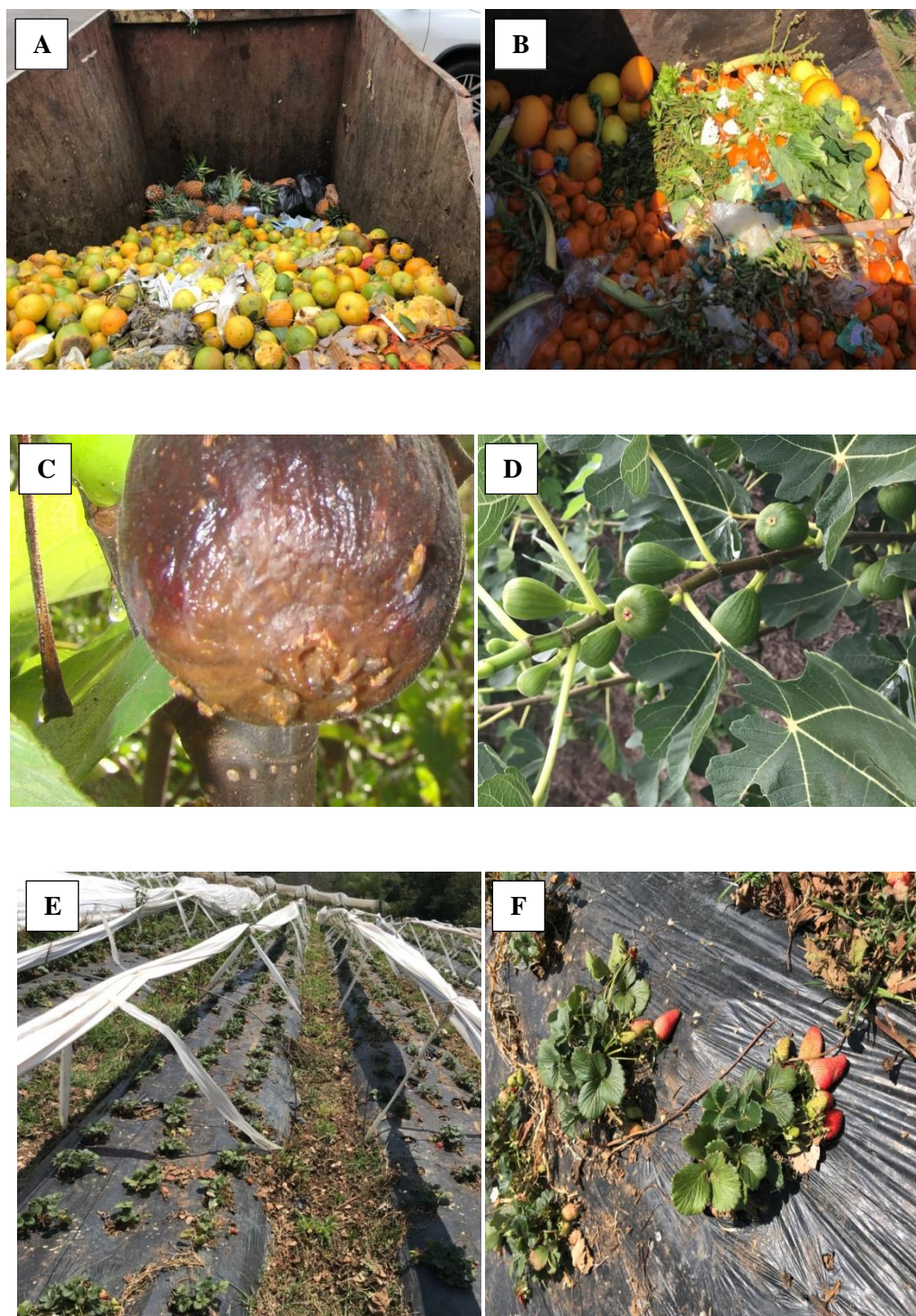


Figura 2. Coletas de campo em regiões de monitoramento de *D. sukuii* e *Z. indianus* no Estado de São Paulo, na região de Campinas (CEASA: caçambas com frutos descartados - A e B) e São Bento do Sapucaí: CDRS (C e D) e FRUTOPIA (E e F).

4.2 Coletas de frutos hospedeiros

Foram realizadas coletas de frutos hospedeiros em vários municípios do estado de São Paulo durante o período de novembro/2018 até fevereiro/2020.

Após as coletas das amostras de frutos de diferentes culturas como: acerola, ameixa, amora, chapéu-de-sol, Framboesa, goiaba, jambolão, morango, mirtilo, nêspira, pitáia, e entre outros, os mesmos foram contados e pesados. Posteriormente à emergência dos adultos, foi realizada a contagem e triagem dos insetos.

4.3 Testes de atratividade no campo com *Saccharomyces cerevisiae* x *Hanseniaspora uvarum*

4.3.1 Área de estudo

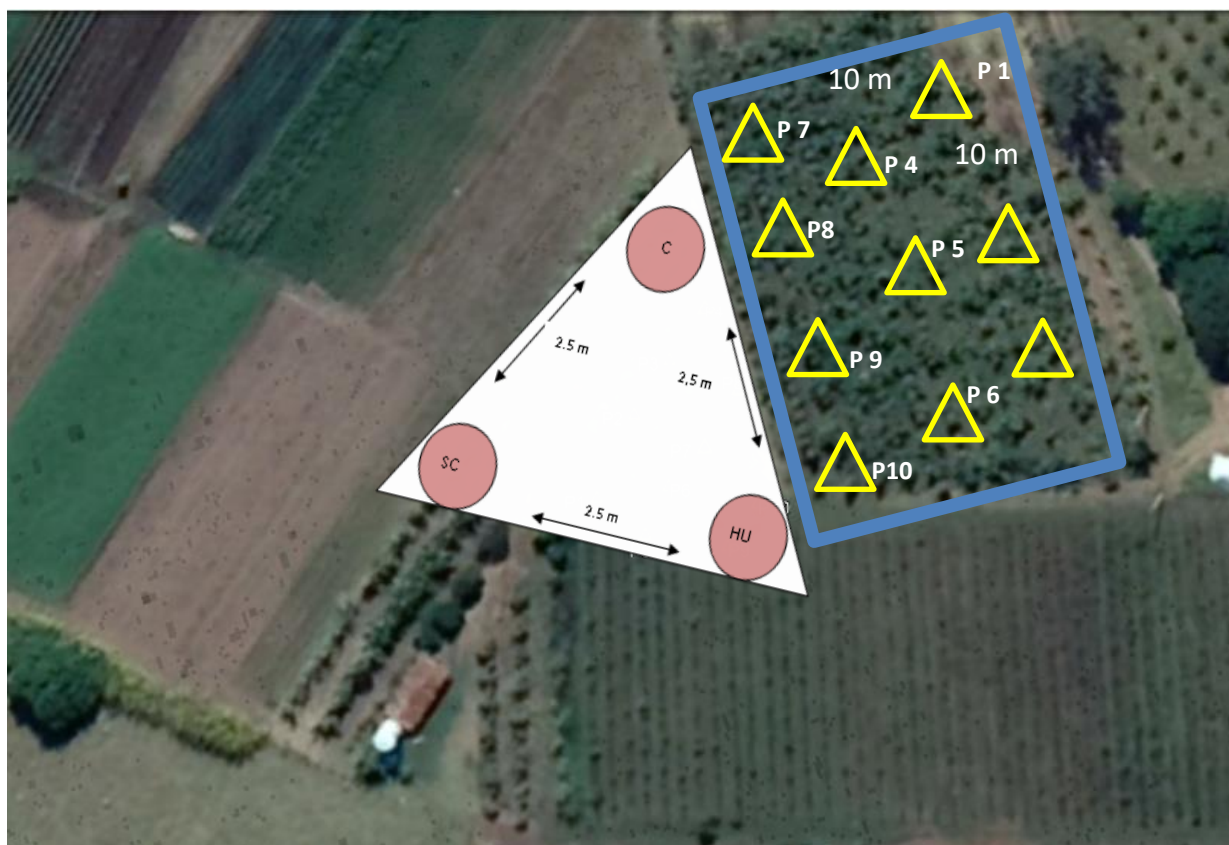
Foram realizados dois experimentos de atratividade das moscas com fermentos em um fragmento do município de Monte Alegre – SP (22° 4' 41" S; 46° 46' 18" W; altitude 764 m); (Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Leste Paulista/APTA), cuja área é de baixa antropização com cultivo de Nêspira, ambos com o mesmo delineamento experimental e mesmo tratamento. O primeiro experimento foi realizado no período de 05/09/2019 á 06/09/2019 e o segundo experimento no período de 20/02/2020 á 21/02/2020.



— Pomar de Nêspira

Figura 3. Disposição das armadilhas Delta (Experimentos 1 e 2) no pomar de Nêspira de Monte Alegre do Sul, São Paulo. Fonte: Google Earth

Os dois experimentos foram realizados no município de Socorro – SP ($22^{\circ} 38' 38.31''$ S e $46^{\circ} 30' 49.74''$ W, altitude 752 m), em uma propriedade agrícola de sistema orgânico, sendo instalado no interior de um Sistema Agroflorestal (SAF) composto dos seguintes cultivos: acerola, banana “Prata”, banana “Nanica”, urucum, pitaia, eucalipto e manga. Ambos experimentos com o mesmo delineamento experimental e mesmo tratamento. O primeiro experimento foi realizado no período de 01/08/2019 á 02/08/2019 e o segundo experimento no período de 23/01/2020 á 24/01/2020.



▲ Pomar de Cultivo Orgânico Misto

Figura 4. Disposição das armadilhas Delta (Experimento 1 e 2) no interior do Sistema Agroflorestal (SAF) no município de Socorro, São Paulo. Fonte: Google Earth

4.3.2 Cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* em laboratório

As duas estirpes de leveduras liofilizadas foram provenientes de Itatiba – SP, as mesmas foram isoladas, a partir de estirpes de leveduras liofilizadas e repicadas em meio de cultura YM (glicose, extrato de malte, extrato de levedura, Peptina A e Ágar bacteriológico), para posteriormente serem repicadas e cultivadas.

As duas espécies de fermentos *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum*, foram

cultivadas anteriormente em laboratório com condições específicas, cujo meio de cultura YM utilizado para crescimento de colônia, ambas foram cultivadas em BOD, com temperatura de 26°C ±1°C.

4.3.3 Seleção das amostras de laboratório para realização do experimento

Depois de cultivada, cada espécie de fermento foi transferida para o meio líquido GYMP (Dextrose Glucose, Extrato de Malte, Peptina A, fosfato de sódio monobásico) e mantida 24 horas em BOD com temperatura de 26°C ±1°C e umidade relativa de 75±1%. Posteriormente, dessa suspensão, uma alíquota de 0,1ml foi colocada em câmara de Neubauer, para contagem das células (os valores obtidos são da ordem de 323×10^3 para *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* 316×10^3). As culturas contendo 10^7 dessa suspensão de leveduras foram inoculadas na isca de banana, previamente autoclavada e pesada (~8 kg), que foi mantida em temperatura ambiente por um período de 48 horas antes da exposição em áreas experimentais.

4.3.4 Delineamento experimental

Em ambos os experimentos foi utilizado o mesmo delineamento experimental, com 10 blocos inteiramente casualizados com três tratamentos:., tratamento T: o controle (isca de banana sem fermento); tratamento SC –*Saccharomyces cerevisiae* + banana fermentada; e tratamento HU – *Hanseniaspora uvarum* + banana fermentada (Figura 4).

4.3.5 Preparação e aplicação das armadilhas

As iscas controle e de banana fermentada com dois tipos de fermentos: *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum*, foram expostas no campo em diferentes microambientes, com a distância de 2,5m entre elas (Figura 4). A distância entre os pontos com as iscas foi de 10 m, todas colocadas no período da manhã no campo, para coleta nos dois dias seguintes (Figuras 2 e 3). As coletas foram consecutivas (10 baterias de coletas por dia, sendo que para foi realizado por 15 segundos por ponto e um tratamento por vez cada), no primeiro e segundo de experimento.

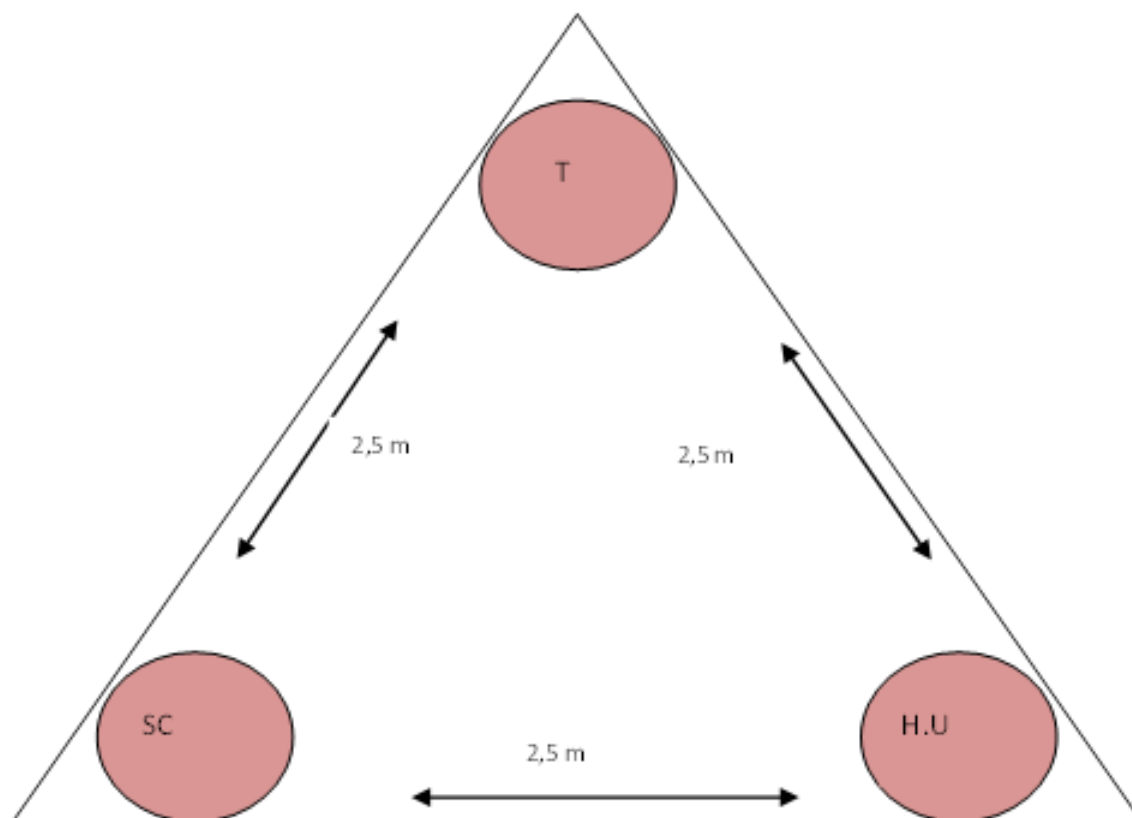


Figura 5. Disposição das armadilhas do tipo Delta e diferentes Tratamentos, sendo T (Controle); SC (*Saccharomyces cerevisiae*) e HU (*Hanseniaspora uvarum*).

4.3.6 Avaliação dos tratamentos

Posteriormente foram coletados os insetos com redes entomológicas (foi realizado 10 baterias de coletas por dia, sendo que para foi realizado por 15 segundos por ponto e um tratamento por vez cada), e identificadas no laboratório às espécies *Zaprionus indianus* (macho e fêmea), *Drosophila suzukii* (macho e fêmea) e outros drosofilídeos (macho e fêmea). Assim foram feitas as análises estatísticas e interpretação de resultados, por tratamento.

4.4 Análise estatística

A análise estatística e comparação de médias foram feitas através do Programa Estatístico Sisvar, cuja comparação de média e análise de variância, representadas estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Monitoramento de *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus*

Na região de Campinas/SP, tanto no CEASA/Campinas como no Bairro Pedra Branca foram somente capturados *Zaprionus indianus* e outros drosofilídeos (Figuras 5 a 9).

Durante as coletas de monitoramento na área comercial do CEASA/Campinas (alta antropização), notamos que não havia descarte de frutos considerados pequenos tais como morango, amora, framboesa e mirtilo. O motivo de tal fato nos foi informado pelos comerciantes locais de que essas frutas eram rapidamente comercializadas, os volumes eram pequenos e também algumas apresentavam um baixíssimo tempo de prateleira. Os frutos mais comuns encontrados nas caçambas de descarte eram laranja, limão, mamão, manga, maracujá melancia, melão, tomate e uva, além de hortaliças tuberosas e folhosas. Uma vez que essas caçambas estavam localizadas em locais abertos com alta exposição solar, havia mais drosofilídeos em lixeiras dos balcões fechados e principalmente no Departamento ISA (Instituto de Solidariedade para Programas de Alimentação) que recebia muitos alimentos doados pelos permissionários do CEASA/Campinas. Uma vez que essas caçambas estavam localizadas em locais abertos com alta exposição solar, havia mais drosofilídeos em lixeiras dos balcões fechados e principalmente no Departamento ISA (Instituto de Solidariedade para Programas de Alimentação).

Na região de São Bento do Sapucaí/SP em todas as coletas houve a captura de *Z. indianus* e *D. suzukii*, uma vez que tinham culturas específicas de ocorrência dessas moscas drosofilídeas na CDRS/Núcleo de Produção de Mudas de São Bento do Sapucaí (citros, figo, pêsego, uva e outras fruteiras) e na propriedade FRUTOPIA (morango, amora, framboesa e uva). As capturas de *D. suzukii* na propriedade FRUTOPIA foram maiores quando comparada com as capturas ocorridas na CDRS onde *Z. indianus* foi superior (Figura 11).

Em Pindamonhangaba houve maior ocorrência de *D. suzukii* em comparação aos demais drosofilídeos e *Z. indianus*. No entanto, ressaltamos que em Pindamonhangaba, só foi possível realizar apenas uma coleta devido à inviabilidade logística e a precariedade das áreas de cultivo (amora, framboesa e mirtilo) que estavam em total abandono.

Na região de São Bento do Sapucaí a ocorrência de *Z. indianus* na CDRS foi a mais constante com exceção do mês de setembro/2019 sendo que as suas maiores capturas ocorreram no período de verão nos meses de dezembro e fevereiro. É provável que a umidade relativa alta no período de verão na região tenha sido um dos fatores que favoreceram as altas taxas de capturas de *Z. indianus* bem como dos demais drosofilídeos (figura 11). *Drosophila suzukii* apresentou maiores capturas na propriedade FRUTOPIA com ocorrência nos meses de junho/2019 (final do outono) e

fevereiro/2020 (verão) (Figura 11), em ambos os períodos apresentando plena produção de pequenas frutas (framboesa e morango em junho e framboesa e uva em fevereiro).

David et al (2006) estudaram as populações e cepas de dez populações naturais de *Drosophilas* na América do Sul e na África, para comparar características do tamanho corporal e número de cerdas esterno pleurais, em relação à latitude e continente de origem, sendo que entre as cepas de laboratório de massa, o *Drosophila suzukii* foi geneticamente muito mais variável do que em amostras recentemente coletadas entre as populações.

Batista et al (2012) em complemento compararam marcadores genéticos adaptativos e neutros, para caracterizar as consequências evolutivas das populações que vivem em ambientes ameaçados por distúrbios antropogênicos, como fragmentação florestal, entre as características observadas como mudanças no alelo, frequências, baixa variabilidade genética e tamanho efetivo da população para verificar as respostas adaptativas e variáveis ambientais. Notaram que as populações fragmentadas de espécies não-invasoras podem ser mantidas de acordo com sua origem geomorfológica, apesar dos efeitos do fluxo gênico e deriva genética, de acordo com dados metrológicos e variáveis observadas, demonstrando assim uma correlação positiva significativa com a latitude e temperatura, onde as comparações entre os números de drosofilídeos migrantes foram significativos.

Uma vez que o descarte de frutas de bagas pequenas é pouco importante pelos permissionários dos balcões comerciais na região do CEASA- Campinas – SP, talvez justifique ou contribua para o fato de *Drosophila suzukii* não ocorrer neste local, sendo mais frequente em culturas específicas.

Fraimout & Monnet (2018) analisaram oito variáveis climáticas como temperatura, precipitação na Ásia e nos Estados Unidos: temperatura média anual; precipitação média anual; sazonalidade da temperatura; sazonalidade da precipitação; temperaturas do mês mais frio e quente; precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso. Visualizando as distribuições dos dados de ocorrência e suas variáveis ambientais associadas no espaço climático, em meio às análises de dados e estimativos *D. suzukii* teve alta estabilidade de nicho, a partir do intervalo nativo para suas duas principais faixas invadidas entre 97 e 100%, não havendo nenhuma expansão de nicho.

Diferentemente de *Zaprionus indianus*, que ocorre em frutos em decomposição em diversas culturas e podem desempenhar comportamento de drosofilídeos comuns, ou seja, aqueles que não são considerados pragas.

Cruz et al. (2018) demonstraram em seus estudos que a mosca *Z. indianus* tem uma boa capacidade de dispersar os patógenos encontrados no ambiente, uma vez que têm alto potencial como vetores de doenças. Assim, podem ser uma das ferramentas utilizadas para monitorar a biodiversidade ao longo dos anos, em diferentes ambientes como habitações familiares, ausência de

saneamento básico e criação de animais domésticos, como porcos, cavalos e cães e até mesmo parques florestais, observando diferenças de sazonalidade, antropização, temperatura e umidade nesses locais, cuja praga estava presente em todos os ambientes.

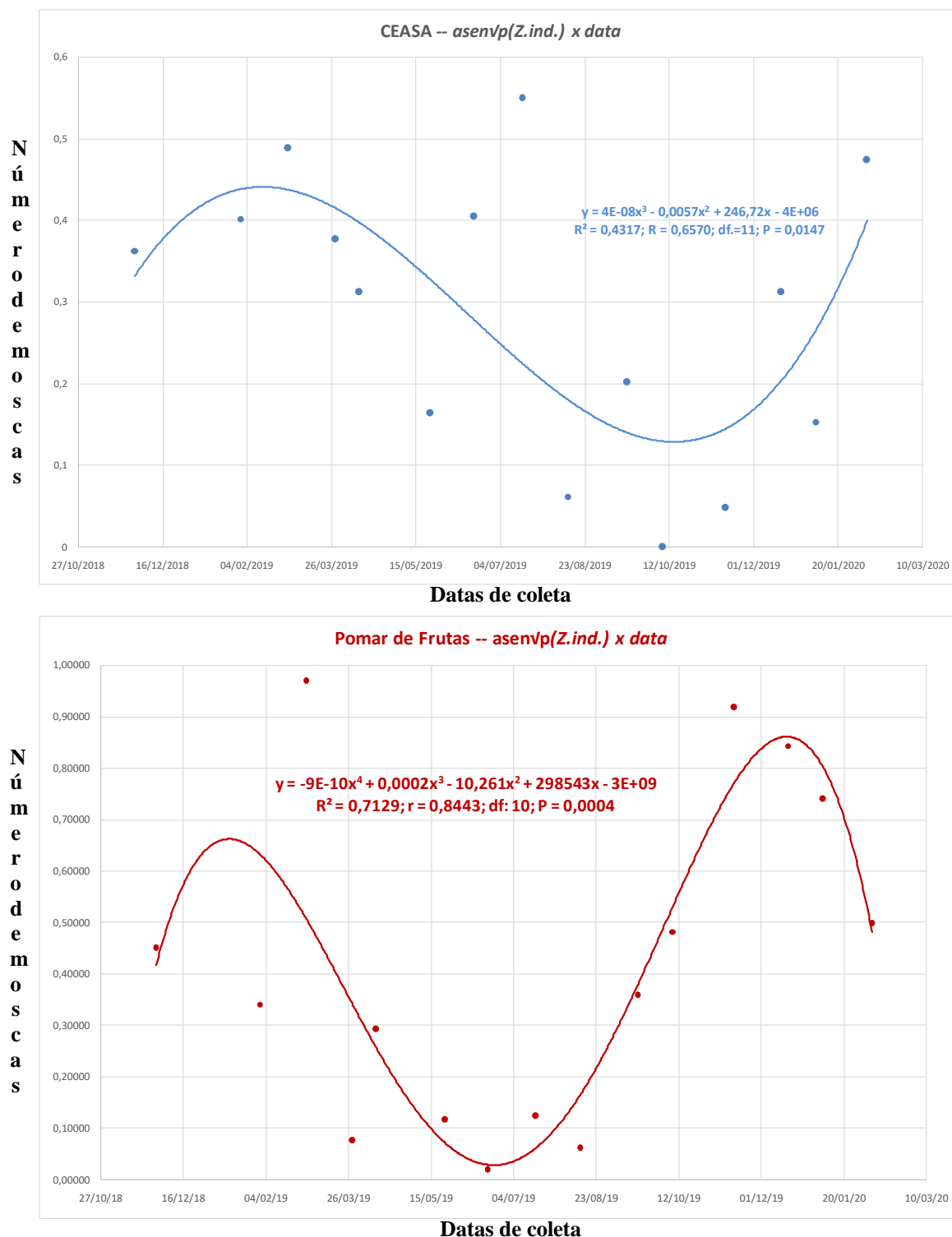


Figura 6. Monitoramento de *Zaprionus indianus* na região de Campinas de alta antropização – CEASA/Campinas e de média antropização – Bairro Pedra Branca (Pomar de Frutas). Nas ordenadas estão as proporções de *Zaprionus indianus* em cada coleta na data indicada nas abscissas. As proporções foram transformadas em arco seno para ajuste à normalidade. No caso do CEASA ajustou-se uma curva polinomial do terceiro grau, enquanto no Bairro Pedra Branca ajustou-se uma curva de quarto grau; ambas significativas ao nível de 5% (2018/2020).

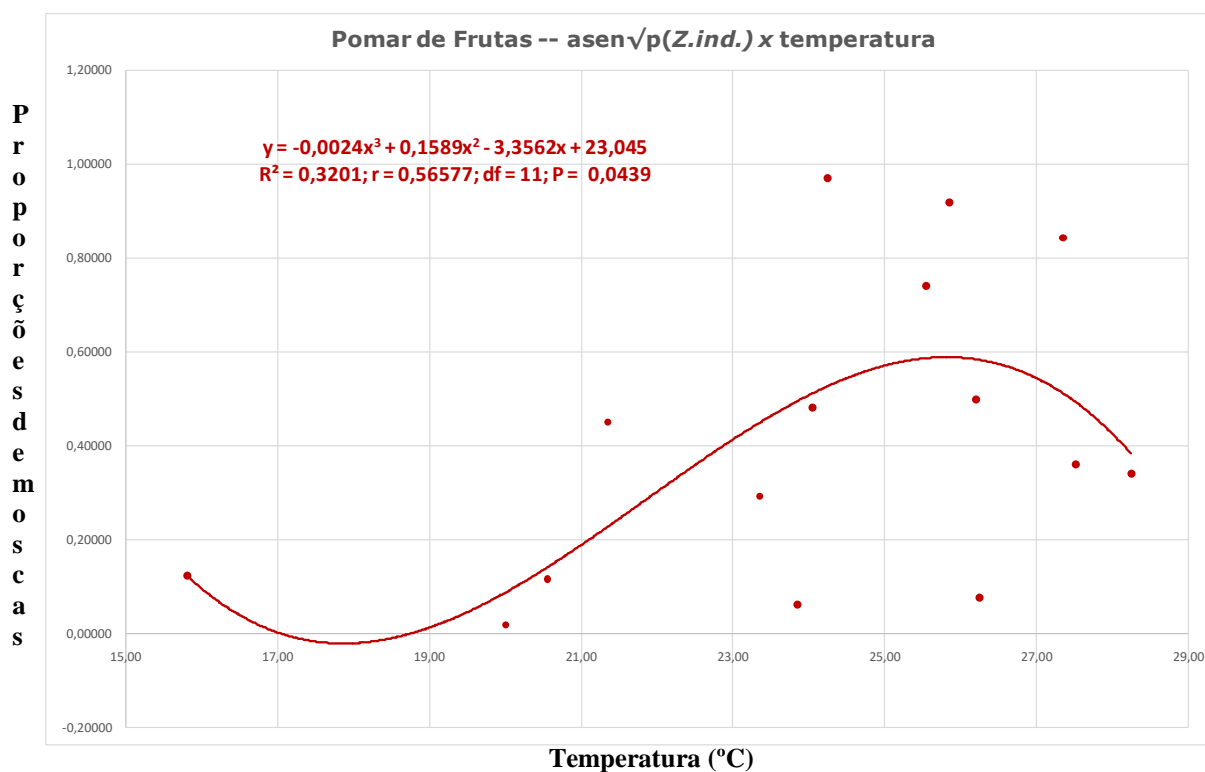
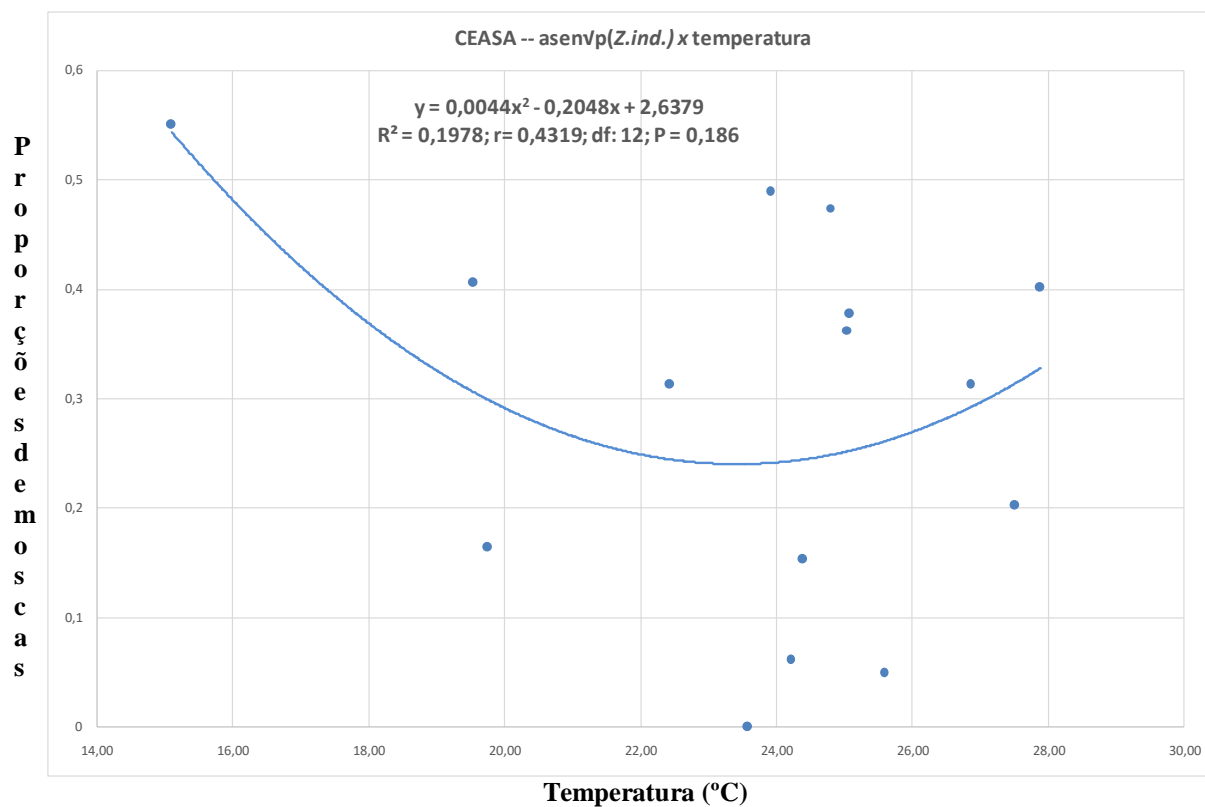


Figura 7. Dispersão da proporção de *Zaprionus indianus* em função da temperatura na data de coleta durante o monitoramento no CEASA/Campinas e no Bairro Pedra Branca. Nas ordenadas estão as proporções depois da transformação arcoseno de *Z. indianus* em função da temperatura nas abscissas. No gráfico do CEASA não houve ajuste significativo, enquanto no Bairro Pedra Branca o ajuste foi significativo com $P = 0,0439$ (2018/2020).

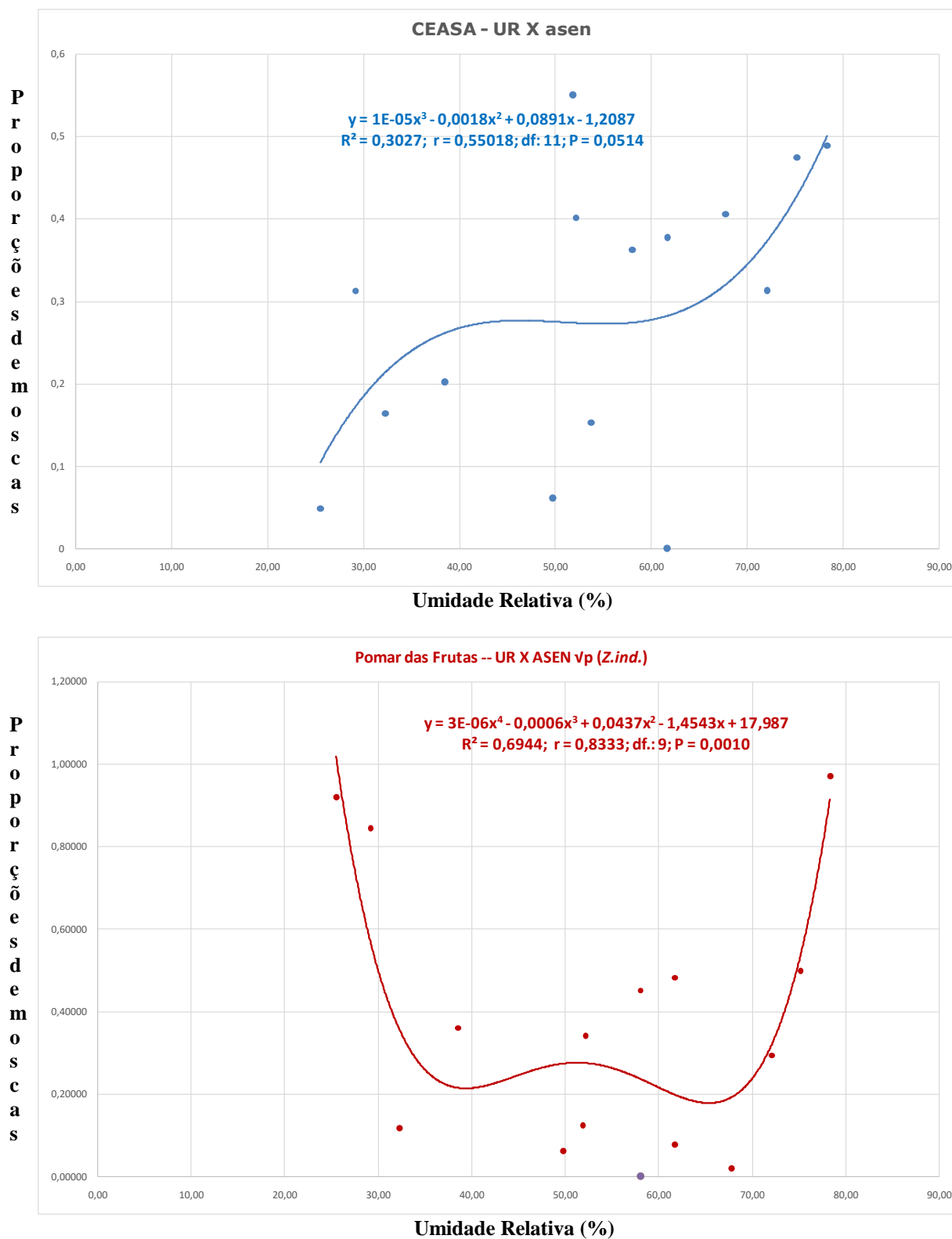


Figura 8. Dispersão da proporção de *Zaprionus indianus* em função da Umidade Relativa na data de coleta durante o monitoramento no CEASA/Campinas e no Bairro Pedra Branca. Nas ordenadas estão as proporções, depois da transformação arcoseno, de *Z. indianus* em função da umidade relativa nas abscissas. No gráfico do CEASA não houve ajuste significativo, enquanto no Pomar de Frutas o ajuste foi significativo com $P = 0,0010$ (2018/2020).

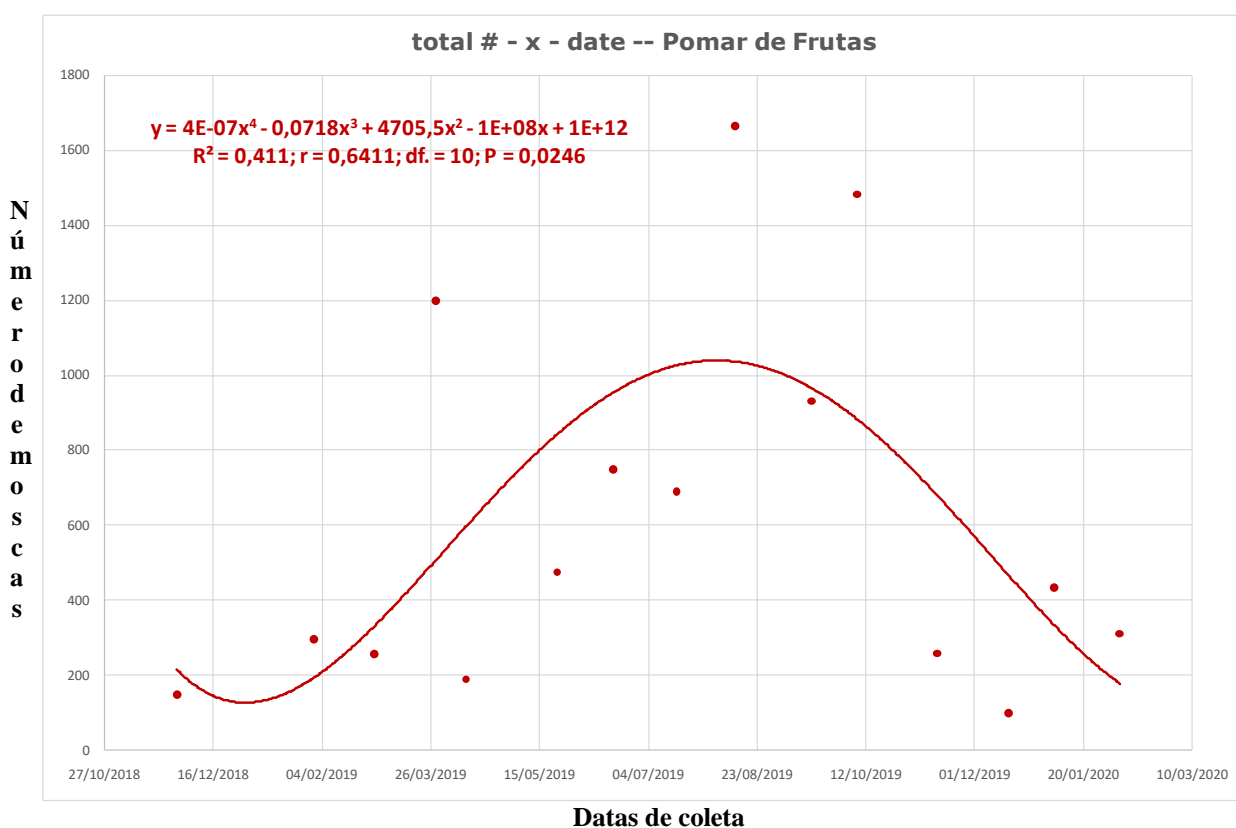
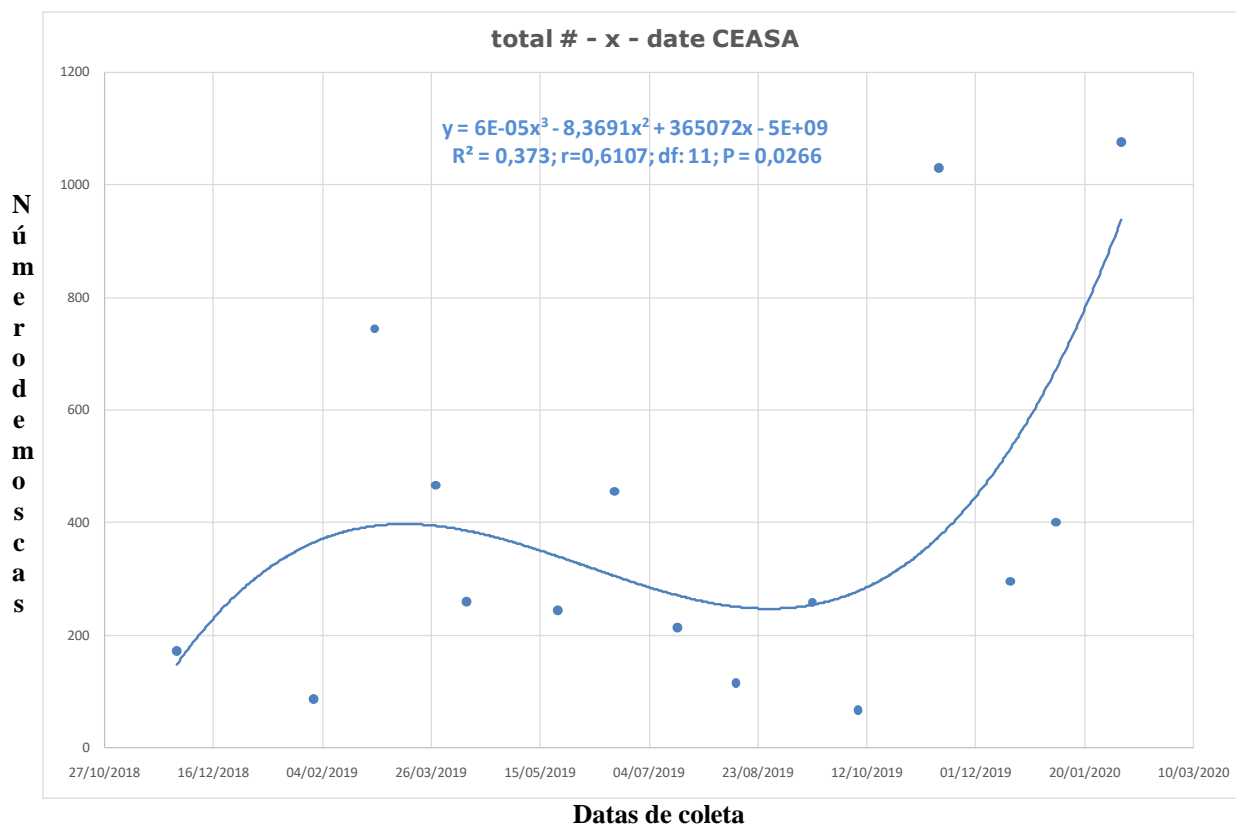


Figura 9. Monitoramento de *Zaprionus indianus* + outros drosofilídeos na região de Campinas-SP de alta antropização – CEASA/Campinas e de média antropização – Bairro Pedra Branca (Pomar de Frutas). Nas ordenadas estão o número total de moscas em cada coleta na data indicada nas abscissas. No caso do CEASA ajustou-se uma curva polinomial do terceiro grau, com ajuste significativo com $P = 0,0266$; enquanto no Bairro Pedra Branca ajustou-se uma curva de quarto grau significativa com $P = 0,0246$ (2018/2020).

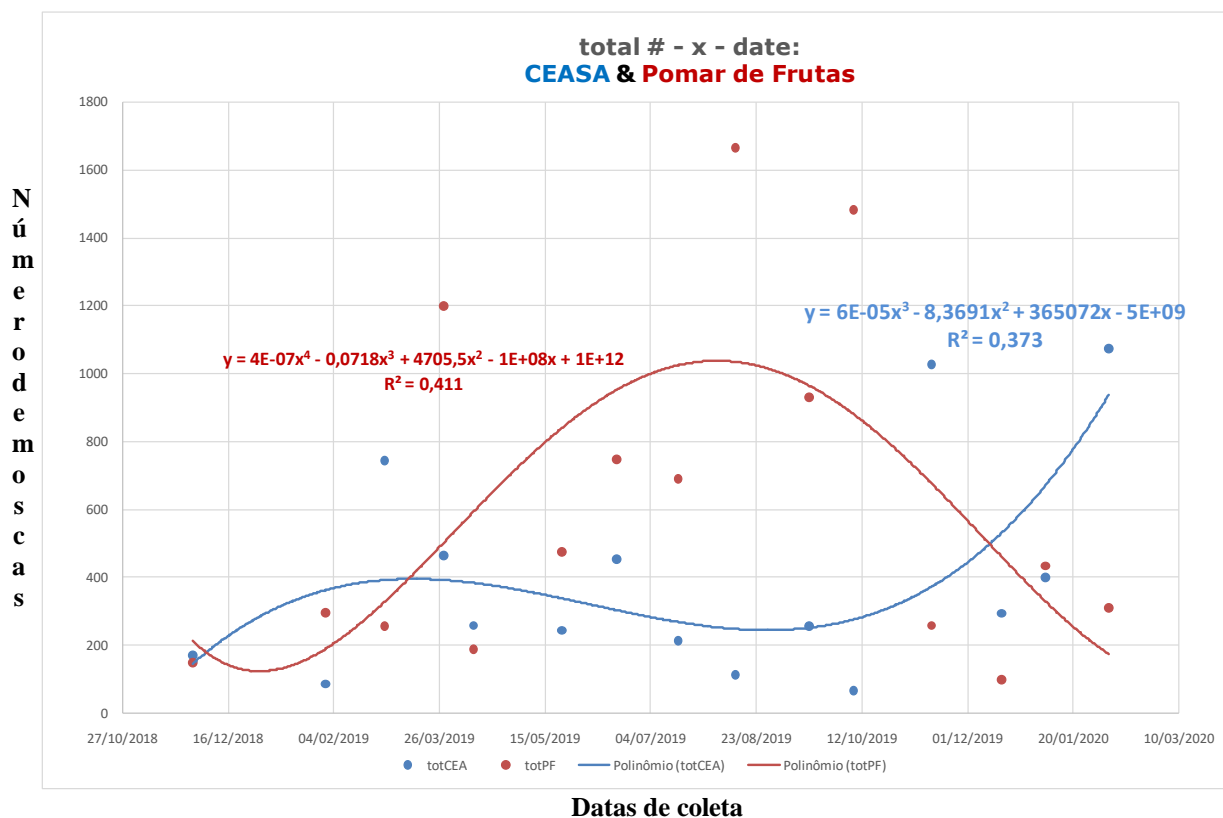


Figura 10. Monitoramento de *Zaprionus indianus* + outros drosofilídeos no CEASA/Campinas (em azul) e no Bairro Pedra Branca (em vermelho), sobrepostas para realçar semelhanças e diferenças (2018/2020).

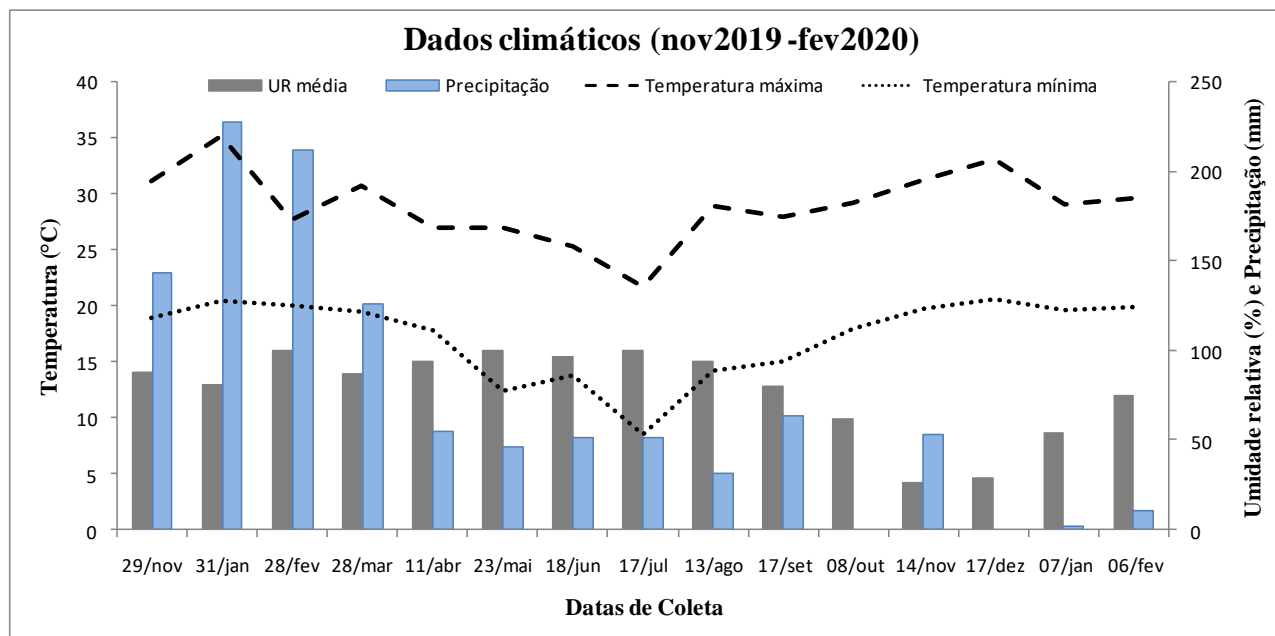


Figura 11. Caracterização climática da região de Campinas-SP durante o período de monitoramento de *Zaprionus indianus* + outros drosofilídeos (novembro/2018 a fevereiro/2020) nas áreas de alta antropização – CEASA/Campinas e na área de média antropização – Bairro Pedra Branca.

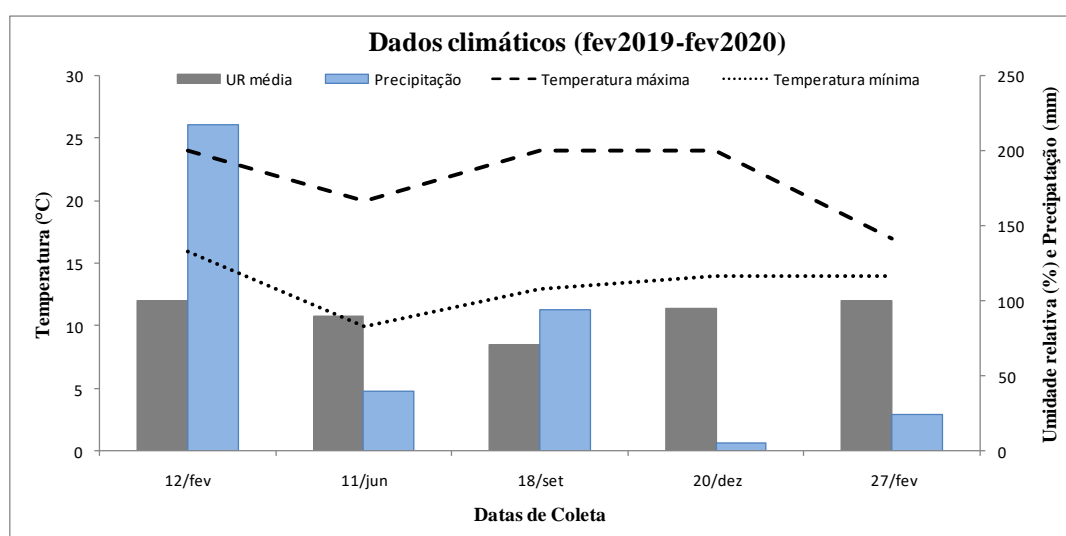
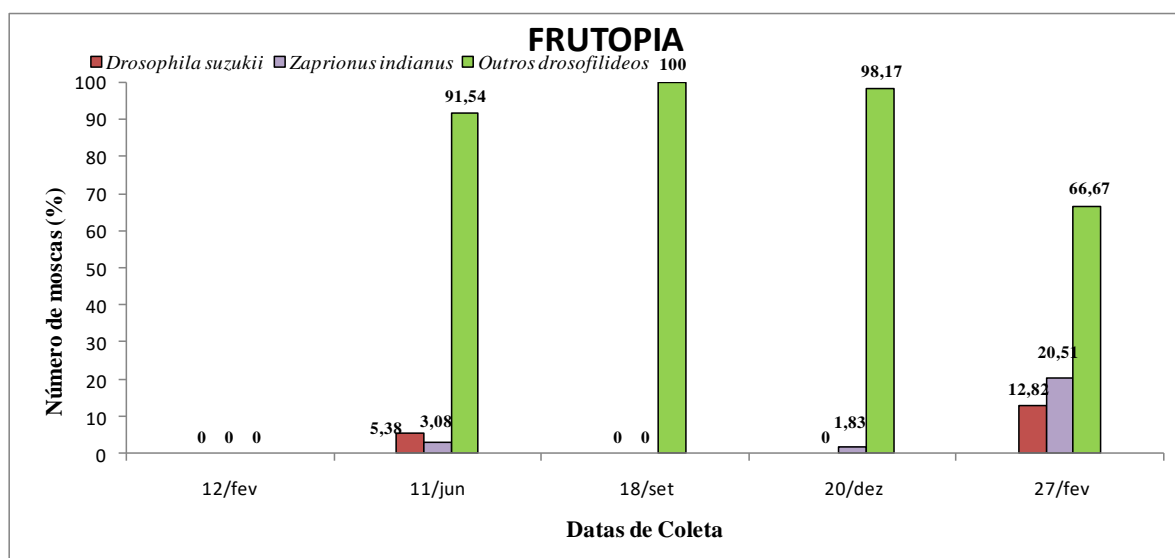
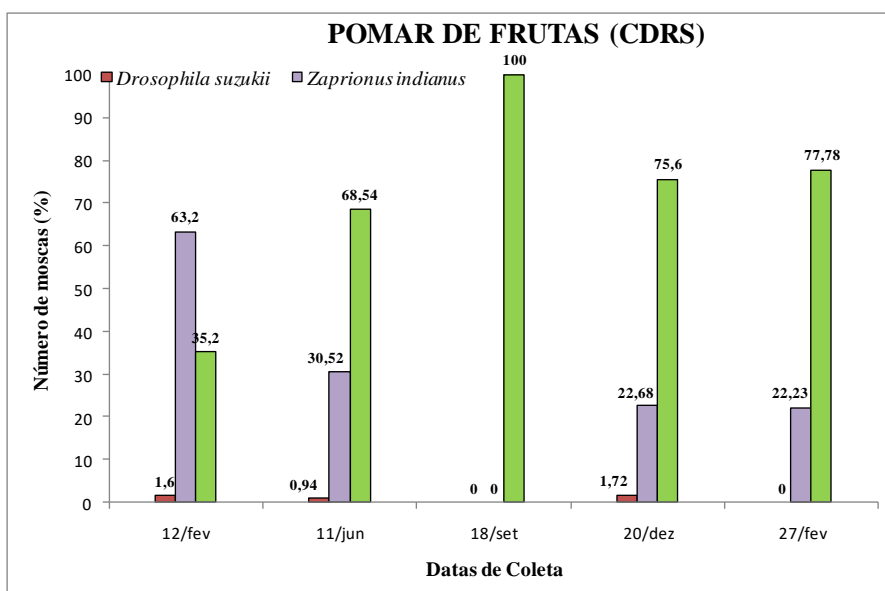


Figura 12. Monitoramento de drosofilídeos na região de São Bento do Sapucaí com média antropização – CDRS e de baixa antropização – FRUTOPIA e caracterização climática da região durante o período de fevereiro/2019 a fevereiro/2020.

Schöneberg et al (2020) analisaram a influência das variáveis climáticas, como uma estratégia de compreender a infestação por *D. suzukii* e entender como as mudanças no clima podem afetar os danos causado por *D. suzukii*, em culturas hospedeiras assim como o impacto da poda na temperatura, infestação, rendimento e qualidade de frutos de bagas pequenas, durante o período de dois anos. As análises foram conduzidas simultaneamente em fazendas de cooperativas de produtores e instalações de pesquisa universitária em sete estados dos EUA (Califórnia, Geórgia, Maryland, Michigan, Minnesota, Carolina do Norte e Oregon) examinando sistemas de produção orgânicos ou não pulverizados. No entanto observaram pouca variação entre a temperatura relativamente pequena (0,1–0,7 ° C) e umidade relativa (0,5–1,3% UR) entre as localizações dos pomares, onde pequenas reduções na infestação de *D. suzukii* ocorreram em frutos de amoras da parte externa e de baixa densidade de copa. A densidade e a localização do dossel também afetam a sobrevivência imatura de moscas em mirtilos infestados artificialmente. Além disso, a manipulação das áreas pode influenciar a eficácia do controle biológico, foi verificado que áreas abertas melhoraram a cobertura do spray, potencialmente aumentando a eficácia do inseticida, sendo que a poda pode ser uma prática hortícola importante para melhorar a eficiência de produção.

Dixon et al (2020) utilizaram uma abordagem de modelagem do nicho ecológico e avaliaram a potencial distribuição mundial de *D. suzukii* sob condições climáticas atuais e futuras, eles identificaram áreas com alto risco de infestação devido à expansão da faixa em certos cenários de Alterações Climáticas.

Walsh et al (2019), analisaram os impactos ecológicos e evolutivos das mudanças climáticas que afetam a fertilidade masculina em diferentes espécies e principalmente em moscas das frutas da família Drosophilidae. Observaram que *Drosophila buzzatii* e *Drosophila subobscura* se recuperam rapidamente após o estresse térmico, quando expostas a períodos múltiplos ao invés de períodos únicos, uma vez que vários táxons estão interligados a uma série de impactos da mudança térmica global na biodiversidade.

Batista et al (2018) verificaram a influência da distribuição de altitude interligadas a esterilidade masculina de machos de Dípteros da família *tripunctata*, as representações da fertilidade por *D. mediopunctata* demonstraram valores acima de 90,7% para *D. mediopunctata* fixado em temperatura de 16°C; enquanto que para *D. unipunctata* é de 93,3% fixado em 18°C, sendo que a altitude média para cada espécie na estação fria e seca foi de 915 m para *D. mediopunctata* e 790 m para *D. unipunctata*; enquanto na estação quente e chuvosa as médias foram 999 m e 891 m, respectivamente. Deste modo as faixas térmicas se sobrepõem na maioria das temperaturas, sugerindo que variáveis adicionais (por exemplo, escolha de habitat, competição, sobrevivência diferencial etc.), provavelmente desempenham um papel determinando sua distribuição no campo.

Ananina et al. (2007) demonstraram em estudos sobre polimorfismos cromossômicos limitados a arranjos genéticos por inversão e observaram forte desequilíbrio de ligação entre as essas inversões. Detectaram, também, correlação entre frequência de inversões e latitude. Aliás, para facilitar investigações posteriores, apresentaram uma foto do mapa atualizado dos cromossomos politênicos, localizando os pontos de quebra das inversões observadas nas populações brasileiras de *Z. indianus*, nas localidades de Brasília, Campinas, Goiânia, Recife, Rio de Janeiro e Porto Alegre.

5.2 Frutos hospedeiros

Coletas realizadas em alguns municípios no estado de São Paulo houve a presença de ambas as espécies *Zaprionus indianus* e *Drosophila suzukii*, em diferentes espécies de frutos hospedeiros (Tabela 1).

David et al. (2006) selecionaram lugares distintos para coletar moscas nos anos de 1997 e 1998, onde mais da metade de drosofilídeos coletadas com banana não estão identificadas, devido a diversidade de moscas distribuídas geograficamente. O transporte de mercadorias pode ser uma influência para a dispersão de espécies, uma vez que algumas delas têm melhor capacidade de se dispersar em lugares distintos e diferentes hospedeiros, no caso da praga invasiva *Z. indianus*.

Dentre essa lista de frutos hospedeiros (Tabela 1) das duas espécies de drosofilídeos pragas no estado de São Paulo, recentemente a acerola *Malpighia emarginata* foi confirmada pela primeira vez como hospedeira de *D. suzukii* (LOUZEIRO et al, 2019).

Os demais frutos hospedeiros coletados também foram constatados a emergência de adultos de *D. suzukii* sendo eles: *Fragaria X ananassa* (morango cv. Albion), *Rubus idaeus* (framboesa), *Solanum americanum* (maria-preta), *Syzygium cumini* (jambolão) (Tabela 1).

Drosophila suzukii geralmente ocorre em culturas específicas ou frutos de “bagas pequenos” também conhecidos como pequenas frutas ou frutas vermelhas (BARBIERI & VIZZOTTO, 2012), o que justifica a sua pouca ocorrência nos frutos coletados no estado de São Paulo, no entanto, é uma praga invasiva que apresenta uma forma de dispersão distinta de outros drosofilídeos em que grande parte das espécies exóticas as suas larvas são fungívoras alimentando-se de leveduras em frutos em decomposição.

Os frutos hospedeiros com a presença de *Z. indianus* foram: *Eriobotrya japonica* (nêspera), *Fortunella margarita* (kinkan), *Malpighia emarginata* (acerola), *Plinia cauliflora* (jabuticaba), *Psidium guajava* (goiaba), *Solanum americanum* (maria-preta), *Syzygium cumini* (jambolão) e *Terminalia catappa* (chapéu-de-sol) (Tabela 1).

No litoral do estado de Pernambuco *Z. indianus* foi vista em frutos hospedeiros como umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), jambo (*Jambosa vulgaris*), siriguela (*Spondias purpurea*) e genipapo (*Genipa americana*) e em mais de 100 culturas de frutos (SANTOS et al., 2003).

Recentemente na Tunísia foi constatada pela primeira vez a ocorrência de *Z. indianus* e *Z. tuberculatus* no país causando danos em frutos de *Carissa macrocarpa* popularmente conhecida como ameixa-de-natal (KAMEL et al., 2020).

Esses estudos mostram a importância da continuidade do monitoramento de pragas em diferentes culturas e regiões, que por sua vez ainda causam danos facultativos em culturas e em novas áreas de monitoramento. Podemos levantar hipóteses de que a praga *Z. indianus*, vêm se dispersando em novos territórios e regiões causando danos em culturas continuamente, devido a sua facilidade de dispersão em diferentes ambientes (SILVA et al., 2005).

Devido a sua alta capacidade de se dispersar essa praga invasiva têm alto potencial de se desenvolver em culturas não específicas de sua ocorrência, desempenhando assim sua atividade semelhante à de outros drosofilídeos e se dispersando em uma maior diversidade de frutos hospedeiros (LOUZEIRO; SOUZA-FILHO; BULGARELLI., 2019).

Vega, Corley & Soliani (2020) levantaram a hipótese de trabalho de que a estrutura genética das populações das mosca-da-asa-manchada na Argentina, comparando a influência dos índices de invasão correlacionados ao comércio regional em diferentes frutas, prevendo a existência de barreiras genéticas dividindo diferentes regiões geográficas. Conseqüentemente, a rede de comércio de frutas que poderia explicar a ocorrência de vários alelos mitocondriais provenientes de ambos os ancestrais e variantes genéticas derivadas. Os padrões genéticos e a rede de comércio de frutas enfatizam fortemente a necessidade urgente de monitorar as regiões onde as populações foram estabelecidas, e a implantação de armadilhas sensíveis para detecção precoce em regiões não colonizadas. Assim como está a estruturação geográfica da variação genética na Argentina, com uma probabilidade reduzida de fluxo gênico natural entre regiões devido à capacidade limitada de dispersão desta mosca, a menos que mediada pelo transporte humano e comércio de frutas.

O duplo ataque dos dois drosofilídeos pragas ocorreu em: *Solanum americanum* (maria-preta), *Syzygium cumini* (jambolão), *Malpighia emarginata* (acerola) e *Eriobotrya japonica* (nêspera) (Tabela 1). O duplo ataque de *D. suzukii* e *Z. indianus* já tem sido relatado Brasil ocorrendo na cultura do morango e outras culturas (NAVA et al., 2015).

5.3 Testes de atratividade no campo *S. cerevisiae* x *H. uvarum*.

Saccharomyces cerevisiae e *H. uvarum* se mostraram atrativas para as duas espécies pragas *D. suzukii* e *Z. indianus* em condições de campo (Tabelas 3, 5, 7 e 9). Os resultados obtidos demonstraram que *H. uvarum* é mais atrativa para *Z. indianus* e *D. suzukii*, quando comparadas à *S. cerevisiae* (Tabelas 2, 4, 6 e 8). Batista et al (2017) em experimento semelhante realizado em uma área remanescente de floresta Neotropical obtiveram maior captura de exemplares dos drosofilídeos exóticos *D. suzukii* e *Z. indianus* em iscas com *H. uvarum*. Hamby et al (2012) estudaram a associação de leveduras com *D. suzukii* e observaram que *H. uvarum* foi a mais prevalente levedura isolada em larvas e adultos onde sugeriram uma associação específica entre *D. suzukii* e *H. uvarum* e assim torná-la uma boa opção de isca atrativa e seletiva a ser utilizada no manejo dessa praga.

Os resultados também mostraram valores elevados de drosofilídeos capturados nas iscas controle (bananas amassadas sem fermento) na maioria dos experimentos de campo e praticamente próximos às capturas proporcionadas pela atratividade de *S. cerevisiae* (Tabelas 3, 5 e 7). No entanto, experimentos de atratividade de leveduras em condições de campo realizados por Klaczko et al (1983) e Batista et al (2017) os tratamentos somente com banana não fermentada apresentaram baixa captura de drosofilídeos. Da mesma forma como observaram Batista et al (2017) também evidenciamos a fermentação da banana que mostrou volume aumentado e bouquet típico, característicos de crescimento de levedura.

As maiores quantidades de drosofilídeos capturados durante os experimentos de atratividade nos dois municípios [Monte Alegre do Sul e Socorro (agosto/2019)] ocorreram no segundo dia de avaliação. Levando em consideração os dois tratamentos de leveduras (*H. uvarum* e *S. cerevisiae*) também apresentaram maior atratividade de drosofilídeos no segundo dia de avaliação (Figuras 12 a 15). Em todas as capturas de drosofilídeos realizadas em cada tratamento nos quatro experimentos o número de fêmeas capturadas foi superior ao número de machos (Tabelas 3, 5, 7 e 9). Em experimentos de campo semelhantes realizado por Klaczko et al. (1983) obtiveram uma maior captura de fêmeas de drosofilídeos do grupo *obscura* tanto no primeiro quanto no segundo dia de captura e também a maioria das capturas de drosofilídeos no geral ocorreram no segundo dia em duas localidades do estado da Califórnia nos Estados Unidos. Batista et al (2017) inferiram que o comportamento de escolha pode ser desencadeado pelas fêmeas que estão escolhendo os locais de oviposição e, nesse caso espera-se coletar mais fêmeas com um tipo de isca, porém, em seus resultados não foram observadas diferenças entre fêmeas e machos coletados nas iscas atrativas de leveduras.

Os experimentos realizados em setembro/2019 em Monte Alegre do Sul (1º experimento) e em janeiro/2020 em Socorro (2º experimento) (Tabelas 3 e 9) foram bem superiores em número total de 3.016 exemplares de drosofilídeos capturados quando comparado aos outros dois

experimentos realizados nos mesmos municípios em fevereiro/2020 (2º experimento) e em agosto/2019 (1º experimento), respectivamente (Tabelas 5 e 7). Apesar de ambos os experimentos terem sido executados em períodos distintos, os mesmos apresentaram em comum a condição de plantas em plena frutificação com presença de frutos em amadurecimento, frutos maduros e frutos caídos e apodrecidos (nêspera em Monte Alegre do Sul e acerola, pitaiá e mirtilo em Socorro), o que contribuiu para a proliferação das populações de drosofilídeos. Essas condições são altamente favoráveis para ocorrência da maioria das espécies de drosofilídeos que realizam as suas posturas em substratos de plantas em decomposição (frutos apodrecidos e/ou lesionados), enquanto *D. suzukii* deposita os seus ovos em frutos na planta em fase de amadurecimento ou maduros (substratos mais firmes) (KARAGEORGI et al, 2017; MATSUURA et al, 2018; BRÄCKER et al, 2019).

A quantidade de exemplares de *D. suzukii* capturados nas iscas atrativas de leveduras de modo geral foi baixíssima em relação às capturas de *Zaprionus indianus* e os outros drosofilídeos (Tabelas 3, 5, 7 e 9), mesmo nos experimentos realizados em setembro/2019 em Monte Alegre do Sul (1º experimento) e em janeiro/2020 em Socorro (2º experimento) (Tabelas 3 e 9) onde foi mencionado anteriormente que ambos se encontravam em plena frutificação. A provável explicação para essa diminuta captura pode estar relacionada ao fato da possível associação específica entre *D. suzukii* e *H. uvarum* (HAMBY et al 2012) e considerar que mesmo aqui no Brasil *H. uvarum* já foi isolada de frutos e cascas de árvores, respectivamente, nas Florestas Amazônica e Atlântica (MORAIS et al 1995; PIMENTA et al 2009) e de frutos comerciais tais como framboesa e cereja (HAMBY et al 2012). Além disso, estudos demonstram e comprovam que *D. suzukii* desenvolveu uma preferência específica para oviposição em frutos maduros na planta (MITSUI et al 2006; KARAGEORGI et al 2017; MATSUURA et al 2018). Portanto, é possível que em face dessas evidências a isca atrativa de *H. uvarum* instalada ao nível do solo não seja muito atrativa para *D. suzukii* uma vez que essa mosca encontra-se ao nível da copa de suas plantas hospedeiras explorando os frutos.

Quanto à espécie *Z. indianus* os resultados também mostraram que as maiores quantidades de exemplares capturados foram nos experimentos realizados em Monte Alegre do Sul (setembro/2019) e em Socorro (janeiro/2020) (Tabelas 3 e 9) devido ambas as áreas encontrarem-se em plena frutificação onde observou-se uma grande quantidade de frutos maduros caídos ao solo e em decomposição que liberam substâncias voláteis resultante da fermentação desses substratos e que funcionam como o principal atrativo para as moscas adultas servindo de local de alimentação, corte e oviposição (VILELA & GOÑI 2015). Além disso, cabe ressaltar que as iscas de leveduras testadas favoreceram a captura de *Z. indianus* por terem sido instaladas na superfície do solo.

Tabela 1. Índice de infestação de drosofilídeos em frutos coletados em quatro municípios do estado de São Paulo (2018/2020)

| Nome científico | Local de coleta | Frutas | | | | Adultos | | | | | | Índices de infestação | | | |
|--|----------------------|----------|---------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------|----------|-----------|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | Amostras | Amostras infestadas | N° de frutas | Peso (kg) | <i>Drosophila suzukii</i> | | | <i>Zaprionus indianus</i> | | | Adultos/fruta | | Adultos/kg | |
| | | | | | | Total | Macho | Fêmea | Total | Macho | Fêmea | <i>D. suzukii</i> | <i>Z. indianus</i> | <i>D. suzukii</i> | <i>Z. indianus</i> |
| <i>Eriobotrya japonica</i> (nêspera) | Monte Alegre do Sul | 2 | 2 | 23 | 0,27 | 2 | 2 | 0 | 17 | 4 | 13 | 0,09 | 0,74 | 7,41 | 62,96 |
| <i>Fortunella margarita</i> (kinkan) | Campinas | 2 | 2 | 39 | 0,59 | 0 | 0 | 0 | 17 | 2 | 15 | 0 | 0,44 | 0 | 28,43 |
| <i>Fragaria X ananassa</i> (morango cv. Albion) | São Bento do Sapucaí | 1 | 1 | 23 | 0,25 | 7 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0,30 | 0 | 28,00 | 0 |
| <i>Malpighia emarginata</i> (acerola) | Campinas | 5 | 5 | 36 | 0,25 | 17 | 4 | 13 | 64 | 4 | 60 | 0,47 | 1,78 | 66,93 | 251,97 |
| | Socorro | 1 | 1 | 39 | 0,21 | 51 | 28 | 23 | 92 | 2 | 90 | 1,30 | 2,36 | 240,56 | 433,96 |
| <i>Plinia cauliflora</i> (jabuticaba) | Campinas | 1 | 1 | 35 | 0,32 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,03 | 0 | 3,16 |
| <i>Psidium guajava</i> (goiaba) | Campinas | 2 | 2 | 29 | 1,66 | 0 | 0 | 0 | 158 | 13 | 145 | 0 | 5,45 | 0 | 95,29 |
| <i>Rubus idaeus</i> (framboesa) | São Bento do Sapucaí | 1 | 1 | 33 | 0,17 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0 | 5,88 | 0 |
| <i>Solanum americanum</i> (maria preta) | Campinas | 2 | 2 | 78 | 0,19 | 2 | 1 | 1 | 93 | 26 | 67 | 0,03 | 1,19 | 10,75 | 500 |
| <i>Syzygium cumini</i> (jambolão) | Campinas | 2 | 2 | 125 | 0,45 | 3 | 2 | 1 | 81 | 16 | 65 | 0,02 | 0,65 | 6,73 | 181,61 |
| <i>Terminalia catappa</i> (chapéu- de- sol) | Campinas | 1 | 1 | 11 | 0,28 | 0 | 0 | 0 | 103 | 28 | 75 | 0 | 9,36 | 0 | 370,50 |

Tabela 2. Experimento 1. Médias de captura de drosofilídeos em iscas de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (setembro/2019)

| Tratamento | <i>Drosophila suzukii</i> | | | <i>Zaprionus Indianus</i> | | | Outros drosofilídeos | | |
|----------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho |
| Controle | 0,125b | 0,0125 b | 0,1125 a | 3,2375b | 1,8250 b | 1,4125 b | 3,0750 b | 1,4875 b | 1,3000 b |
| <i>S. cerevisiae</i> | 0,125 b | 0,0625ab | 0,0625 a | 2,4250b | 1,4375 b | 0,9875 b | 2,8625 b | 1,5625 b | 1,5875 b |
| <i>H. uvarum</i> | 0,3625 a | 0,1625 a | 0,2000 a | 21,550 a | 16,112 a | 5,4375 a | 9,6625 a | 6,9750 a | 2,6875 a |

Tabela 3. Experimento 1. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (setembro/2019).

| Grupo | Controle | | | <i>H. uvarum</i> | | | <i>S. cerevisiae</i> | | | Total |
|------------------------|----------|-----|------------|------------------|-----|-------------|----------------------|-----|------------|-------------|
| | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | Σ | |
| <i>D. suzukii</i> | 1 | 9 | 10 | 13 | 16 | 29 | 5 | 5 | 10 | 49 |
| <i>Z. indianus</i> | 146 | 113 | 259 | 1289 | 435 | 1724 | 115 | 79 | 194 | 2177 |
| <i>Drosophila</i> spp. | 119 | 127 | 246 | 558 | 215 | 773 | 125 | 104 | 229 | 1248 |
| Grupo Total | | | 515 | | | 2526 | | | 433 | 3474 |

Tabela 4. Experimento 1. Médias de captura de Drosofilídeos em armadilhas fermentadas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* na região de Socorro, SP, Brasil. Letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade (agosto/2019).

| Tratamento | <i>Drosophila suzukii</i> | | | <i>Zaprionus Indianus</i> | | | Outros drosofilídeos | | |
|----------------------|---------------------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho |
| Controle | 0,025 a | 0,025 a | 0,000 a | 0,013 b | 0,000 b | 0,0135 b | 0,850 b | 0,700 b | 0,150 b |
| <i>S. cerevisiae</i> | 0,000 a | 0,000 b | 0,000 a | 0,063 b | 0,038 b | 0,025 b | 1,513 b | 1,200 b | 0,313 b |
| <i>H. uvarum</i> | 0,025 a | 0,025 b | 0,000 a | 1,685 a | 1,375 a | 0,300 a | 9,675 a | 8,950 a | 0,725 a |

Tabela 5. Experimento 1. Número de Drosofilídeos capturados em armadilhas fermentadas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil. (agosto/2019).

| Grupo | Controle | | | <i>H. uvarum</i> | | | <i>S. cerevisiae</i> | | | Total |
|------------------------|----------|----|-----------|------------------|----|------------|----------------------|----|------------|-------------|
| | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | Σ | |
| <i>D. suzukii</i> | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| <i>Z. indianus</i> | 0 | 2 | 2 | 110 | 24 | 134 | 3 | 2 | 5 | 141 |
| <i>Drosophila</i> spp. | 56 | 12 | 68 | 716 | 58 | 774 | 96 | 25 | 121 | 963 |
| Grupo Total | | | 72 | | | 910 | | | 126 | 1108 |

Tabela 6. Experimento 2. Médias de captura de drosofilídeos em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (fevereiro/2020)

| Tratamento | <i>Drosophila suzukii</i> | | | <i>Zaprionus indianus</i> | | | Outros drosofilídeos | | |
|----------------------|---------------------------|-------|-------|---------------------------|--------|---------|----------------------|--------|---------|
| | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho |
| <i>S. cerevisiae</i> | 0 | 0 | 0 | 2,08 b | 1,63 b | 0,53 ab | 6,71 a | 4,87 a | 1,86 a |
| <i>H. uvarum</i> | 0 | 0 | 0 | 5,46 a | 4,70 a | 0,76 a | 6,78 a | 5,08 a | 1,70 ab |
| Controle | 0 | 0 | 0 | 1,15 b | 1,02 b | 0,11 b | 2,52 b | 1,51 b | 1,01 b |

Tabela 7. Experimento 2. Número de drosofilídeos capturados em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, SP, Brasil. (fevereiro/2020).

| Grupo | Controle | | | <i>H. uvarum</i> | | | <i>S. cerevisiae</i> | | | Total |
|------------------------|----------|-----|------------|------------------|-----|------------|----------------------|-----|------------|-------------|
| | Espécies | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | |
| <i>D. suzukii</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Z. indianus</i> | 99 | 16 | 115 | 338 | 108 | 446 | 77 | 149 | 226 | 787 |
| <i>Drosophila</i> spp. | 267 | 125 | 392 | 407 | 82 | 489 | 244 | 48 | 292 | 1173 |
| Grupo Total | | | 507 | | | 935 | | | 518 | 1960 |

Tabela 8. Experimento 2. Médias de captura de drosofilídeos em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil. (janeiro/2020)

| Tratamento | <i>Drosophila suzukii</i> | | | <i>Zaprionus indianus</i> | | | Outros drosofilídeos | | |
|----------------------|---------------------------|--------|--------|---------------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|
| | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho | Total | Fêmea | Macho |
| <i>S. cerevisiae</i> | 0,06 a | 0,0 a | 0,06 a | 7,15 b | 6,00 b | 1,15 b | 11,75 a | 10,52 a | 1,22 a |
| <i>H. uvarum</i> | 0,01 a | 0,0 a | 0,01 a | 16,17 a | 14,02 a | 2,22 a | 4,93 b | 4,30 b | 0,65 b |
| Controle | 0,02 a | 0,02 a | 0,06 a | 4,25 b | 3,83 b | 0,41 b | 4,46 b | 3,93 b | 0,47 b |

Tabela 9. Experimento 2. Número de drosofilídeos capturados em armadilha a base de atrativo alimentar com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil. (janeiro/2020)

| Grupo | Controle | | | <i>H. uvarum</i> | | | <i>S. cerevisiae</i> | | | Total |
|------------------------|----------|----|------------|------------------|-----|-------------|----------------------|-----|-------------|-------------|
| | Espécies | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | Σ | ♀ | ♂ | |
| <i>D. suzukii</i> | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 5 | 8 |
| <i>Z. indianus</i> | 307 | 33 | 340 | 1122 | 178 | 1300 | 480 | 92 | 572 | 2212 |
| <i>Drosophila</i> spp. | 319 | 38 | 357 | 344 | 52 | 396 | 842 | 101 | 943 | 1696 |
| Grupo Total | | | 699 | | | 1697 | | | 1520 | 3916 |

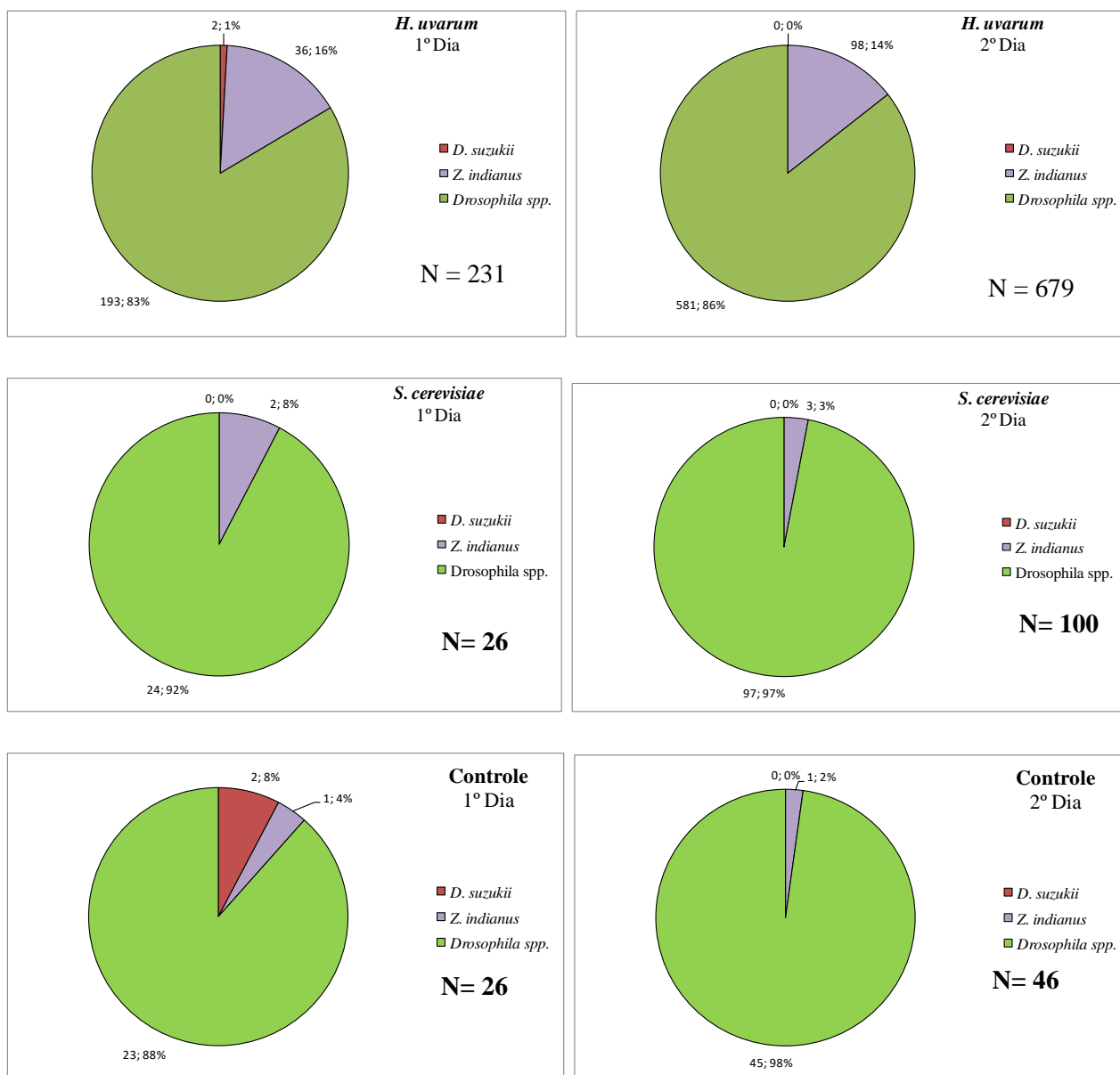


Figura 13. Experimento 1. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil, realizado em 01/08/2019 e 02/08/2019.

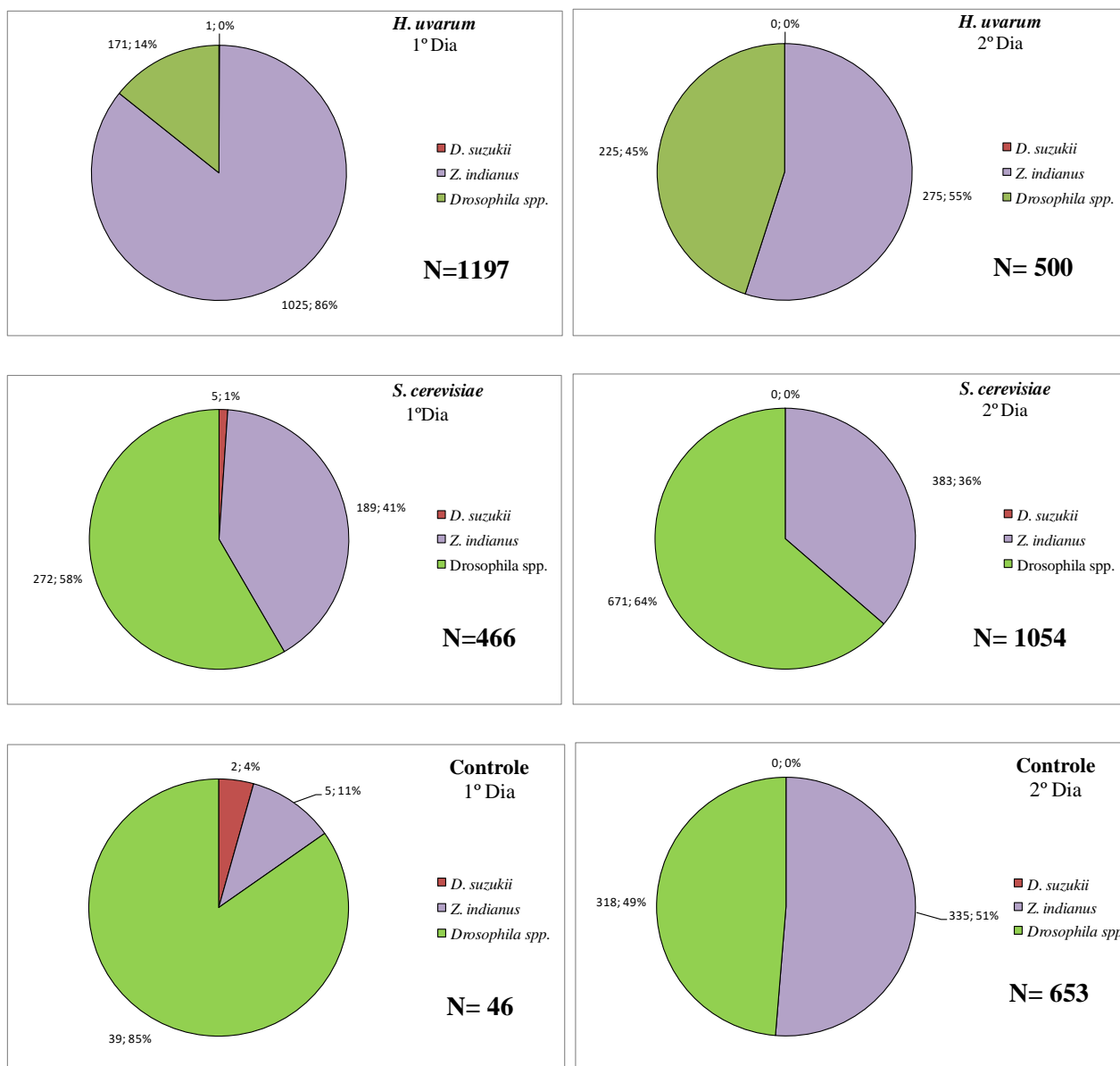


Figura 14. Experimento 2. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Socorro, SP, Brasil, realizado em 23/01/2020 e 24/01/2020.

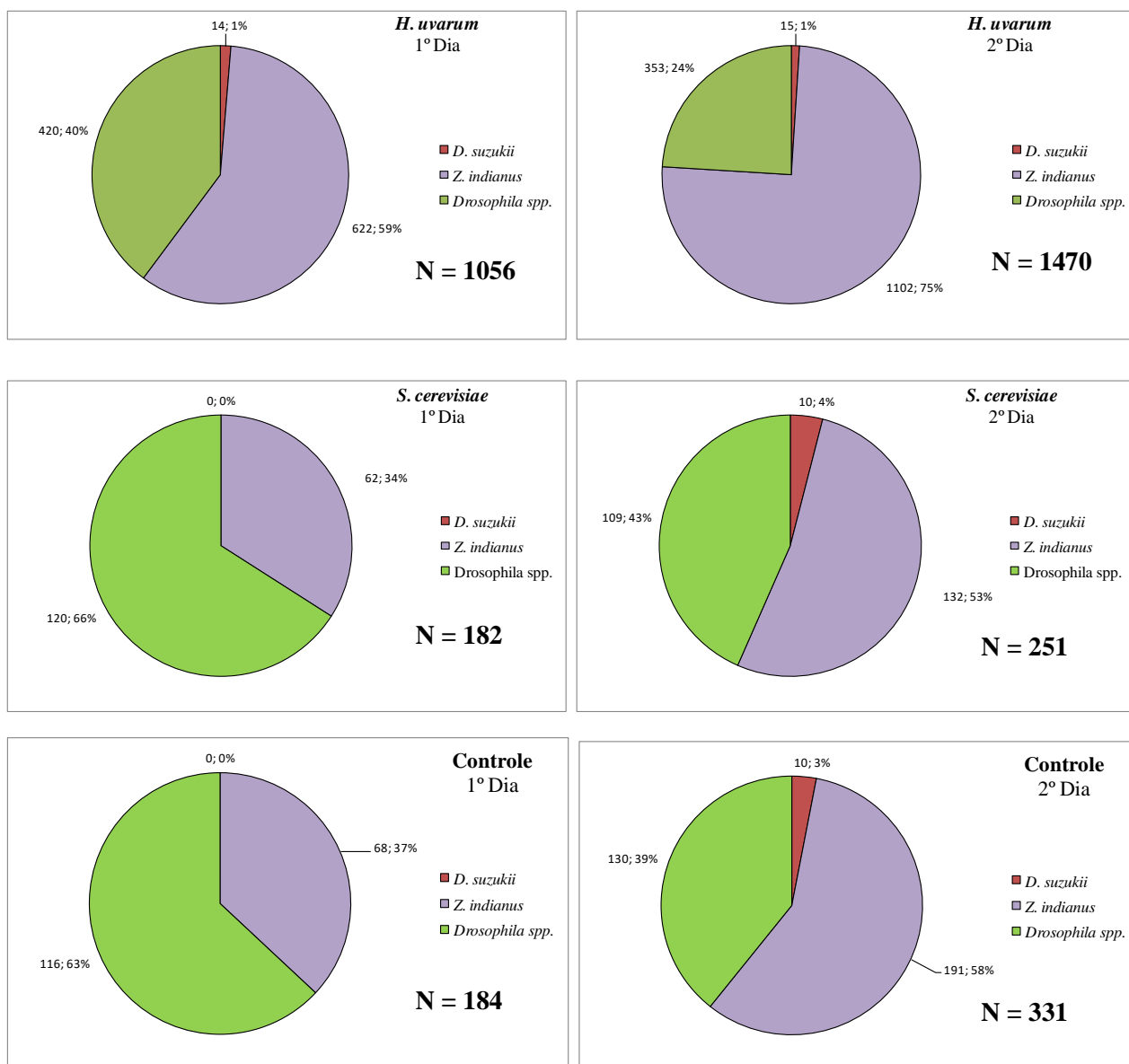


Figura 15. Experimento 1. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, realizado em 05/09/2019 e 06/09/2019.

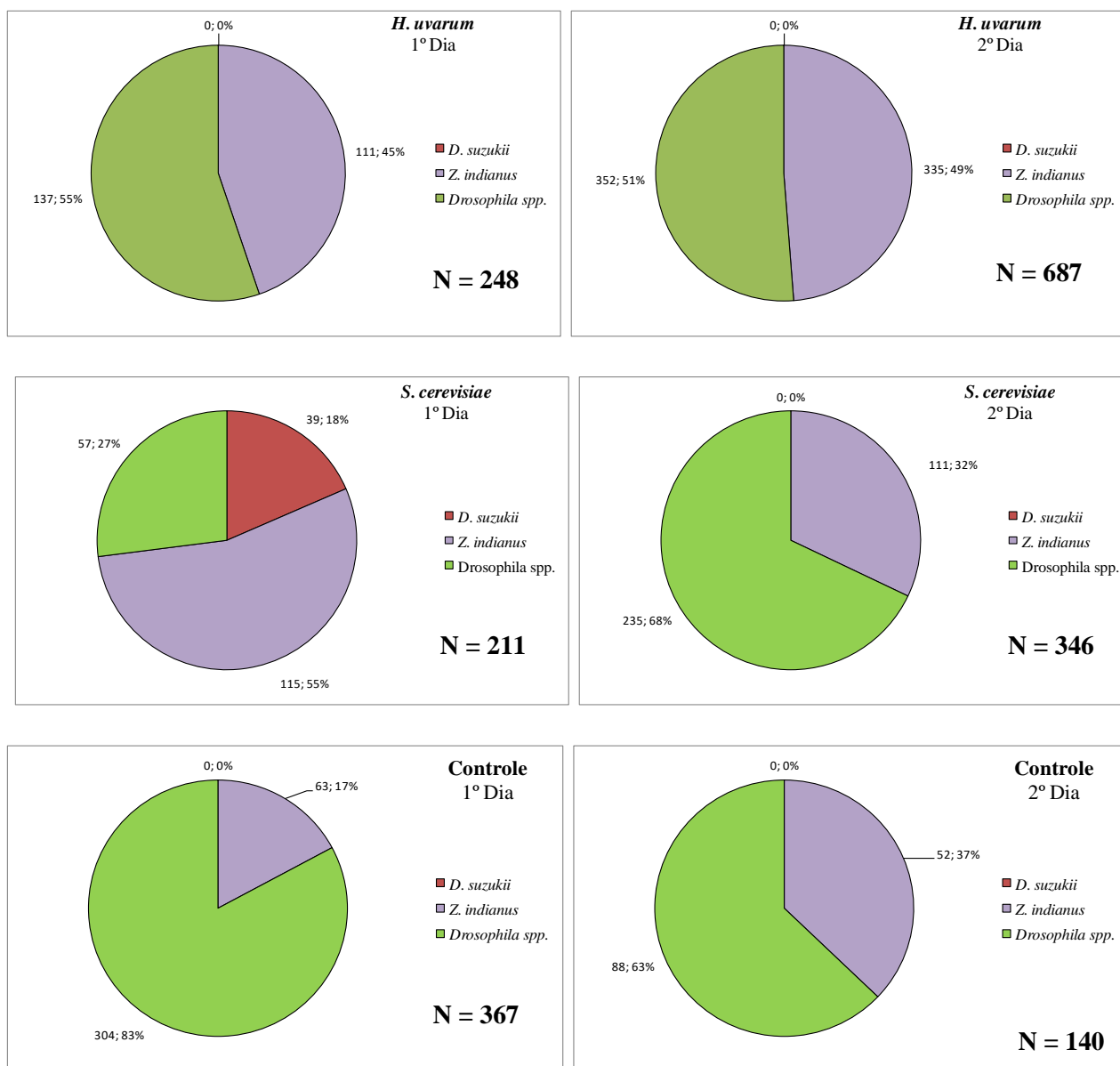


Figura 16. Experimento 2. Quantidade de drosofilídeos capturados em armadilhas fermentadas com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Hanseniaspora uvarum* no município de Monte Alegre do Sul, realizado em 20/02/2020 e 21/02/2020.

6 CONCLUSÕES

Diante do monitoramento, da variação temporal e de experimentos de atratividade podemos concluir que:

- Houve maior ocorrência de *Z. indianus* no período de verão (fevereiro a março), nas regiões de Campinas sendo Ceasa (alta antropização), Pedra Branca (média antropização) e São Bento Sapucaí, CDRS (baixa antropização) em diferentes culturas;

- *Drosophila suzukii* ocorreu nas regiões de São Bento Sapucaí, na FRUTOPIA (baixa antropização) e em Pindamonhangaba (baixíssima antropização) em frutos de bagas pequenas (frutas vermelhas) no período de verão e nos meses do inverno;

- Duas espécies botânicas são registradas pela primeira vez como hospedeiras de *D. suzukii*: *Solanum americanum* (maria-preta) e *Syzygium cumini* (jamelão);

- As duas espécies invasivas *D. suzukii* e *Z. indianus* foram mais atraídas por *H. uvarum* sugerindo que esta levedura apresenta potencial para ser utilizada como uma isca para monitoramento e controle de ambas as pragas.

7 REFERÊNCIAS

ANANINA, G.; ROHDE, C.; DAVID, J. R.; VALENTE, V. L. S. KLACZKO, L. B. Inversion polymorphism and a new polyten e chromosome map of *Zaprionus indianus* Gupta (1970) (Diptera: drosophilidae). **Genética**, n. 131, v. 2, p. 117–125. 2007.

ANDREAZZA, F., BERNARDI, D.; MARANGON, R. B.; NAVA, D. E. Técnica de Criação de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae em dieta artificial. **Circular técnica Embrapa**, Pelotas – RS, v. 30, n. 1, p.1-13, 2016.

ARARIPE, L. O.; KLACZKO, L. B.; MORETEAU, B.; DAVID, J. R. Male sterility thresholds in a tropical cosmopolitan drosophilid, *Zaprionus indianus*. **Journal of Thermal Biology**, v. 29, n, 2, p. 73-80, 2004.

ASPLEN, M. K.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHOI, D. S.; CHU, D.; DAANE, K. M.; GIBERT, P.; GUTIERREZ, A. P.; HOELMER, K. A.; HUTCHISON, W. D.; ISAACS, R.; JIANG, Z. L.; KÁRPÁTI, Z.; KIMURA, M. T.; PASCUAL, M.; PHILIPS, C. R.; PLANTAMP, C.; PONTI, L.; VÉTEK, G.; VOGT, H.; WALTON, V. M.; YU, Y.; ZAPPALÀ, L.; DESNEUX, N. Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal Pest Science**, v. 88, n. 3, p. 469–494. 2015.

BÄCHLI, G. TaxoDros, the data base on taxonomy of Drosophilidae. 2020. Disponível em: <<http://www.taxodros.uzh.ch/>>. Acesso em: 04. Jul. 2020.

BATISTA, M. R. D.; PENHA, R. E. S.; SILVIA, S. H.; KLACZKO, L. B. Comparative analysis of adaptive and neutral markers of *Drosophila mediopunctata* populations dispersed among forest fragments. **Ecology and Evolution**, v. 8, n. 24, p. 1-13, 2018.

BATISTA, M. R. D; ROCHA, F. B; KLACZKO, L. B. Altitudinal distribution of two sibling species of the *Drosophila tripunctata* group in a preserved tropical forest and their male sterility thermal thresholds. **Journal of Thermal Biology**, v. 71, n. 1, p. 69–73, 2018. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/jtherbio>. Acesso: 1 de jul. 2020.

BATISTA, M. R. D.; SANTOS, A. R. O. DE.; CHAVES, R. D.; ROSA, C. A.; KLACZKO, L. B. *Saccharomyces cerevisiae* found in the crop of a Neotropical *Drosophila* species fly collected in a natural forest remnant – comments on Hoang, Kopp & Chandler. **PeerJ**, v. 4, n. 1, p. 1–10, 2016.

BATISTA, M. R. D.; UNO, F.; CHAVES, R. D.; TIDON, R.; ROSA, C. A.; KLACZKO, L. B. Differential attraction of drosophilids to banana baits inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora uvarum* with in a Neotropical forest remnant. **PeerJ**, v. 1, p. 1-15, 2017.

BELDA, I; RUIZ, J.; SANTOS, A.; WYK, N. V.; PRETORIUS. I. S. *Saccharomyces cerevisiae*. **Trends in Genetics**, v. 20, n. 30, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tig.2019.08.009>>. Acesso em: 1 jun. 2020.

BELLAMY, D. E.; SISTERTON, M. S.; WALSE, S. S. Quantifying host potentials: indexing postharvest fresh fruits for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. **Plos One**, v.8, n. 04, p. 1-10, 2013.

BELLUTTI, N.; GALLMETZER, A.; INNEREBNER, G.; SCHMIDT, S.; ZELGER, R.; KOSCHIE, E. H. Dietary yeast affects preference and performance in *Drosophila suzukii*. **Journal Pest Science**, v. 91, p. 651–660, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10340-017-0932-2>>.

BÉLO, M.; BARBOSA, J.; BRAGANHOLI, D.; PEREIRA, P.; BERTONI, B.; ZINGARETTI, S.; BELEBONI, R. O. Avaliação do efeito bioinseticida dos extratos de *Tabernaemontana catharinensis* A. DC. (Apocynaceae) e *Zeyheria montana* Mart. (Bignoniaceae) sobre a mosca *Zaprionus indianus* (Díptera: Drosophilidae) (Gupta, 1970). **Revista Brasileira de Biociências**, Rio de Janeiro, v.7, n. 3, p. 235-239, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs>>. Acesso em: 1 jun. 2020.

BRÄCKER, L. B.; GONG, X.; SCHMID, C.; DAWID C.; ULRICH, D.; PHUNG, T. A strawberry accession with elevated methyl anthranilate fruit concentration is naturally resistant to the pest fly *Drosophila suzukii*. **Plos One**, v. 15, n. 6, p. 1–16, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234040>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

BRÄCKER, L. B.; SCHMID, C. A.; BOLINI, V. A.; HOLZ, C. A.; PRUD'HOMME, B.; SIROTA, A.; GOMPEL, N. Quantitative and discrete evolutionary changes in the egg-laying behavior of single *Drosophila* females. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 13, n. 118, p. 1–4, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00118> PMID: 31191270; PubMed CentralPMCID: PMC6549446.>. Acesso: 1 de out. 2020.

BRAKE, I.; BÄCHLI, G. *Drosophilidae* (Diptera). In: **World Catalogue of Insects**, v. 9, p. 1-412, 2008.

CINI, A; IORIATTI, C; ANFORA, G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. **Bulletin of Insectology**, v. 65, n. 1, p.149-160, 2012.

CLYMANS, R.; KERCKVOORDE, V. V.; BELIËN, T.; BYLEMANS, D.; CLERCQ, P. de. Marking *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) with fluorescent dusts. *Insects*, v. 11, n. 152, p. 1-20, 2020. Disponível em: < www.mdpi.com/journal/insects>. Acesso: 1 de jul. 2020.

CORDA, G.; SOLARI, P.; DETTORI, M. A.; FABBRI, D.; DELOGU, G.; CRNJAR, R.; SOLLAI, G. Association between olfactory sensitivity and behavioral responses of *Drosophila suzukii* to naturally occurring volatile compounds. **Wiley Insect Biochemistry and physiology**, v. 104, n. 03, p. 01 – 05, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/arch.21669>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

CORRÊA FILHO, L. C.; ANDRADE, E. T. de.; MARTINAZZO, A. P.; ANDREA, E. M. D.; SOUSA, F. A. DE.; FIGUEIRA, V. G. Cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do figo (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.8, p.796-802, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n8/1807-1929-rbeaa-19-08-0797.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

CRUZ, G. A. F. DA.; PIRES, D. J. DE.; BATAUS, L. A. M.; SILVA, R. D. R.; BARBOSA, M. S.; GOMES, R. P.; BRAGA, C. A. S. B.; CARNEIRO, L. C. Cultivable microbiome and its resistance to antimicrobials isolated from *Zaprionus indianus*. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 616, p. 1-13, 2018.

DASHKO, S.; ZHOU, N.; COMPAGNO, C.; PISKUR, J. Why, when, and how did yeast evolve alcoholic fermentation? **FEMS Yeast Research**, v. 14, n. 6, p. 826–832, 2014.

DAVID, J. R.; ARARIPE, L. O.; BITNER-MATHÉ, B. C.; CAPY, P.; GON, B.; KLACZKO, L.B.; LEGOUT, H. L. N.; MARTINS, M.B.; VOUIDIBIO, J.; YASSIN, A.; MORETEAU, B. Sexual dimorphism of body size and sternopleural bristle number: a comparison of geographic populations of an invasive cosmopolitan drosophilid. **Genetica**, v. 128, n. 1, p. 109-122, 2006.

DAVID, J. R.; ARARIPE, L. O.; BITNER-MATHE, B. C.; CAPY, P.; GON, B.; KLACZKO, L. B.; LEGOUT, H. L. N.; MARTINS, M. B.; VOUIDIBIO, J.; YASSIN, A.; MORETEAU, B. Quantitative trait analysis and geographic variability of natural populations of *Zaprionus indianus*, a recent invader in Brazil. **Heredity**, v. 96, n. 1, p. 53–62, 2006. Disponível em: <www.nature.com/hdy>. Acesso: 1 de jul. 2020.

DEKEN, R. H. The Crabtree effect: a regulatory system in yeast. **Journal Genetics Microbiology**, v. 44, n. 2, p. 149–156, 1966.

DEPRÁ, M.; POPPE, J. L.; SCHMITZ, H. J.; TONI, D. C. D.; VALENTE, V. L. S. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 1, p. 379-383, 2014.

DIXON, P. L.; MOREAU, D. L. The spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **The Canadian Entomologist**, v. 152, n. 1, p. 411–414, 2020. Disponível em: <<https://https://www.cambridge.org/core>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

ENRIQUEZ, T.; RUEL, D.; CHARRIER, M.; COLINE, H. Effects of fluctuating thermal regimes on cold survival and life history traits of the spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*). **Insect Science**, v. 27, n. 1, p. 317-335, 2020. Disponível em <[https:// DOI 10.1111/1744-7917.12649](https://DOI 10.1111/1744-7917.12649)>. Acesso em 23 jun. 2020.

FERREIRA, L. B.; TIDON, R. Colonizing potential of *Drosophilidae* (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, n. 1, p. 809-21, 2005.

FOUNTAIN, M. T.; BENNETT, J.M, MEDINA, C.; RUIZ, R. C.; DEAKIN, G.; DELGADO, A.; HARRISON, R.; HARRISON, N. Alimentary microbes of winter-form *Drosophila suzukii*. **Insect Molecular Biology**, v. 27. n. 3, p. 383–392. 2018

FRAIMOUT, A.; MONNET, A. C. Accounting for intraspecific variation to quantify niche dynamics along the invasion routes of *Drosophila suzukii*. **Biological Invasions**, v. 20, n. 10, p. 2963-2979, 2018.

GOMES, L. H.; ECHEVERRIGARAY, S.; CONTI, J. H.; LOURENÇO, M. V. M; DUARTE. K. M. R. Presence of the yeast *Candida tropicalis* in figs infected by the fruit fly *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, n. 01, p. 5-7, 2003.

GRASSI, A., PALMIERI, L., GIONGO, L. *Drosophila (Sophophora) suzukii* (Matsumura) - nuovo fitofago per i piccoli frutti in Trentino. **Terra Trentina**, v. 10, n. 1, p.19-23, 2009.

GUPTA, J. P. Description of a new species of *Phorticella zaprionus* (Drosophilidae) from India. **Proceedings Indian National Science Academy**, v. 36, p. 62-70, 1970.

HAMBY, K. A.; HERNÁNDEZ, A.; BOUNDY-MILLS, K.; ZALOM, F. G. Associations of Yeasts with Spotted-Wing *Drosophila (Drosophila suzukii)*; (Diptera: Drosophilidae) in Cherries and Raspberries. **Applied Environmental Microbiology**, v. 78, n. 14, p. 4869–4873, 2012.

HARO-BARCHIN, E.; JEROEN SCHEPERA, J.; GANUZA, GROOTB, C. G. G. A. DE.; COLOMBARI, F.; KATS, R. V, KLEIJN, D. Landscape-scale forest cover increases the abundance of *Drosophila suzukii* and parasitoid wasps. **Basic and Applied Ecology**, v, 31, n. 01, p. 33–43, 2018.

HARTWELL, L. H. *Saccharomyces cerevisiae* cell cycle. **Bacteriological Reviews**, v. 38, n. 2, p. 164–198, 1974.

HOANG, D.; KOPP, A.; CHANDLER, J. A. Interactions between *Drosophila* and its natural yeast symbionts is *Saccharomyces cerevisiae* a good model for studying the fly-yeast relationship. **Peer Journal**, v. 1116, n. 3, 2015.

HWANG, E. J.; JEONG, S. Y.; KIM, M. J.; JEONG, J. S.; LEE, K. H. ; JEONG, N. R.; PARK, J. S.; DEUK-SOO, C.; KYU-OCK, Y.; KIM, I. Year-round trap capture of the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), in Korean strawberry greenhouses. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 23, n. 3, p. 204–213, 2020. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/locate/jape>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

KAMEL, M.B.H.; CHEIK, Z. B.; ZOUARI, S.; MDELLEL, L.;. BALMÉS, V. First report of *Zaprionus indianus* and *Z. tuberculatus* (Diptera: Drosophilidae) in Tunisia. **EPPO Bulletin**, v. 50, n. 2, p. 307-310, 2020.

KANZAWA, T. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Yamanshi Prefecture Agricultural Experimental Station. **Review of Applied Entomology**, v. 622, n. 29, p. 1-49, 1939.

KARAGEORGI, M.; BRÄCKER, L. B.; LEBRETON, S.; MINERVINO, C.; CAVEY, M.; SIJU, K. P.; KADOW, I. C. G.; GOMPEL, N.; PRUD' HOMME, B. Evolution of multiple sensory systems drives novel egg-laying behavior in the fruit pest *Drosophila suzukii*. **Current biology**, v. 6, n. 27, p. 847–853, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.055>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

KHAN, M. S.; ULLAH, F.; BADSHAH, H.; AHMAD, B.; SHAHJEHAN, I. A.; CALATAYUD, P. A. Bait attractants based on artificial fruit-essence for trapping and monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) females in Peshawar-Pakistan. **Phytoparasitica**, v. 47, n. 01, p. 179–184, 2019.

KINJO, H.; KUNIMI, Y.; NAKAI, M. Effects of temperature on reproduction and development of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 49, n. 2, p. 297–304, 2014.

KIM, Y.; LEE, S.; KIM, Y.H. Comparative analyses of susceptibility to chemicals associated with fermentation between *Drosophila melanogaster* and *Drosophila suzukii*. **Entomological Research**, v. 48, n. 6, p. 514–521, 2018.

KLACZKO, L. B.; TAYLOR, C.; POWER, J. R. Genetic variation for dispersal by *Drosophila pseudoobscura* and *Drosophila persimilis*. **Genetics Society of America**, v. 112, n. 2, p. 229–235, 1986.

KRUITWAGEN, A. J.; BEUKEBOOM, L. W. *Drosophila suzukii*: understanding its invasion and developing its control. **Entomologia Experimental et Applicata**, Virtual Issue, p 1-2, 2017. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/321033387>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

KURTZMAN, C. P. Discussion of teleomorphic and anamorphic Ascomycetous yeasts and yeast-like Taxa. In: KURTZMAN, C. P.; FELL, J. W.; BOEKHOUT, T. The Yeasts a Taxonomic Study. **Elsevier**, v. 2, n. 5, p. 293–307, 2011.

LANOUILLE, G.; BRODEUR, J.; FOURNIER, F.; MARTEL, V.; FIRLEJ, A. Effect of irradiation on the mating capacity and competitiveness of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) for the development of the sterile insect technique. **The Canadian Entomologist**, v. 1, v. 1, p. 1-12. Disponível em: <<http://www.cambridge.org/core>>. Acesso em: 07 jul. 2020.

LASA, R.; GSCHAEDLER-MATHIS, A. C.; BELLO, G.; WILLIAMS, T. Laboratory evaluation of trap color and vinegar, yeast and fruit juice lure combinations for monitoring of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). **International Journal of Pest Management**, v. 66, n. 3, p. 279- 287, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1636328>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

LASA, R.; TADEO, E.; TOLEDO-HÉRNANDEZ, R. A.; CARMONA, L.; LIMA, I.; WILLIAMS, T. Improved capture of *Drosophila suzukii* by a trap baited with two attractants in the same device. **Plos One**, v.12, n.11, 2017.

LEE, J. C.; BRUCK, D. J.; CURRY, H.; EDWARDS, D.; HAVILAND, D. R.; VAN STEENWYK, R. A.; YORGEY, B. M. The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1358-1367, 2011a.

LEE, J. C.; BRUCK, D. J.; DREVES, A. J.; IORIATTI, C.; VOGT, H.; BAUFELD, P. Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1349-1351, 2011b.

LODGE D. M.; WILLIAMS, S.; MACISAAC, H. J.; HAYES, K. R.; LEUNG, B.; REICHARD, S.; MACK, R. N.; MOYLE, P. B.; SMITH, M.; ANDOW, D. A.; CARLTON J. T.; MCMICHAEL, A. Biological invasions: recommendations for US policy and management. **Ecological Applications**, v. 16, n. 01, p. 2035-2054, 2006.

LODISH, H.; BERK, A.; KAISER, C. A.; KRIEGER, M.; BRETSCHER, A.; PLOEGH, H.; AMON, A.; SCOTT, M. P. **Biologia Celular e Molecular**. Porto Alegre: Artmed, 2014.

LOPES, G. N.; SOUZA-FILHO, M. F.; GOTELLI, N. J.; LEMOS, L. J. U.; GODOY, W. A. C.; ZUCCHI, R. A. Temporal overlap and co-occurrence in a guild of sub-tropical tephritid fruit flies. **Plos One**, v. 10, n. 7, p. 1–14, 2015.

LOUZEIRO, L. R.; SOUZA-FILHO, M. F.; BULGARELLI, C. A. Infestation of *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae) by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in São Paulo State, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3, p. 645-648, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1653/024.102.0336>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

MATSUURA, A.; MITSUI, H.; KIMURA, M. T. A preliminary study on distributions and oviposition sites of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and its parasitoids on wild cherry tree in Tokyo, central Japan. **Applied Entomology and Zoology**, v. 53, n. 01, p. 47–53. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13355-017-0527-7>. 1 de jul. 2020.

MERCICO, A.; SULO, P.; PISKUR, J.; COMPAGNO, C. Fermentative lifestyle in yeasts belonging to the *Saccharomyces complex*. **The FEBS Journal**, v. 274, n. 4 p. 976–989. 2007.

MESHRAF, W. S.; ROHLFS, M.; ROEDER, T. The effect of nutritive yeasts on the fitness of the fruit fly *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). **African Entomology**, v. 24, n.1, p.90–99, 2016.

MISHRA, D.; KUMARI, R.; RANJAN, S.; YASMIN, S. Effect of fluoride on the learning and memory ability of larvae of *Zaprionus indianus*. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 81, n. 27, p. 1-5, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s41936-020-00166-y>>. Acesso em: 1 de jul. 2020.

MOONEY, H. A.; CLELAND, E. E. The evolutionary impact of invasive species. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 98, n. 10, p. 5446-5451, 2001.

MORAIS, P. B.; ROSA, C. A. Interações entre *Drosophila* e leveduras em ambientes tropicais. p. 321-336. Rio de Janeiro. In: MARTINS, R. P.; LEWINSOHN, T. M.; BARBEITOS, M. S. **Ecologia e comportamento de Insetos**, v: 8, 2000.

MORAIS, P. B.; HAGLER, A. N.; ROSA, C. A.; MENDONÇA-HAGLER, L. C. Yeast associated with *Drosophila* in tropical forests of Rio de Janeiro. Brazil Applied and Environmental Microbiology. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 38, n. 11, p. 1150–1155, 1992.

MORAIS, P. B.; MARTINS, M. C. B.; KLACZKO, L. B.; MENDONÇA-HAGLER, L. C.; HAGLER, A. N. Yeasts succession in the amazon fruit *Parahancornia amapaas* resource partitioning among *Drosophila* spp. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 61, n. 12, p. 4251 – 4257, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s41936-020-00166-y>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

NAVA, D. E.; BOTTON, M.; BERNARDI, D.; ANDREAZZA, F.; BARONIO, C. A. Bioecologia, monitoramento e controle de *Drosophila suzukii* na cultura do morangueiro. **Circular técnica: Embrapa Clima temperado, Uva e Vinho**, Pelotas, v. 338, n. 1, 2015.

PEIXOTO, A. A.; KLACZKO L. B. Linkage disequilibrium analysis of chromosomal inversion polymorphisms of *Drosophila*. **Genetics**, v. 129, n. 3, p. 773-777, 1991

PIMENTA, R. S; ALVES, P. D; ALMEIDA, G. M; SILVA, J. F; MORAIS, P. B; CORRÊ, J. R. A, ROSA, C. A. Yeast communities in two Atlantic Rainforest fragments in Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 40, n. 1, p. 90-95, 2009.

QUAN, A. S.; EISEN, M. B. The ecology of the *Drosophila*-yeast mutualism in wineries. **PLOS ONE**, v. 13, n. 5, 2018.

RAGA, A.; PAULA, L. I. S.; SOUZA-FILHO, M. F.; CASTRO, J. L. Dynamics and infestation rate of fruit flies in stone fruits in São Paulo State, Brazil. **Annual Research & Review in Biology**, v. 14, n. 6, p. 1-11, 2017.

RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F.; SATO, M. E. Eficiência de protetores de ostíolo do figo sobre a infestação da mosca *Zaprionus Indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) No Campo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70, n. 3, p. 287-289, 2003.

ROCHA, F. B.; KLACZKO L. B. Undesirable consequences of neglecting nonlinearity: response to comments by liefting. **Departamento de Genética, Evolução e Bioagentes, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp**. Campinas – SP, n. 1, v. 1, 2013.

ROSA L. H.; VAZ B. M.; CALIGIORNE R. B.; CAMPOLINA S.; ROSA C. A. Endophytic fungi associated with the Antarcticgrass *Deschampsia Antarctica* Desv. (Poaceae). **Polar Biology**, v. 32, n. 2, p. 161-167, 2009.

SANTOIEEMMA, G.; MORI, N.; TONINA, L.; MARINI, L. Semi-natural habitats boost *Drosophila suzukii* populations and crop damage in sweet cherry. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 257, n. 1, p. 152–158, 2018.

SANTOS, J. F.; RIEGER, T. T.; CAMPOS, S. R. C.; NASCIMENTO, A. C. C.; FÉLIX, P. T.; SILVA, S. V. O.; FREITAS, F. M. R. Colonization of Northeast Region of Brazil by the drosophilid flies *Drosophila malerkotliana* and *Zaprionus indianus*, a new potential insect pest for Brazilian fruit culture. **Drosophila Information Service**, v. 86, n. 1, p. 92-95, 2003.

SCHÖNEBERG, T.; ARSENAULT-BENOITA, A.; TAYLOR, C. M.; BUTLERB, B. R.; DALTON, D. T.; WALTON, V. M.; PETRAN, A.; ROGERS, M.A.; DIEPENBROCK, L. M.; BURRACK, H.J.; LEACH, H.; TIMMEREN, S. V.; FANNING, P. D.; ISAACS, R.; GRESS, B. E.; BOLDA, M. P.; ZALOM, F.G.; ROUBOS, C. R.; EVANS, R. K.; SIAL, A. .; HAMBY , K. J. A. Pruning of small fruit crops can affect habitat suitability for *Drosophila suzukii*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 294, n. 106, p. 1–13, 2020.

SCHLESENER, D. C. H.; NUNES, A. M.; CORDEIRO, J.; GOTTSCHALK, M. S.; GARCIA, F. R. M. Mosca-da-cereja: uma nova ameaça para a fruticultura brasileira. **Cultivar HF**, v. 12, n. 1, p. 6-8, 2014.

SHAW, B.; BRAIN, P.; WIJNEN, H.; FOUNTAIN, M. T. Reducing *Drosophila suzukii* emergence through inter-species competition. **Pest Management Science**, v. 74, n. 6, p. 1466–1471, 2018.

SHIHATA, A. M. E. T. A.; MRAK, E. M. Intestinal yeast floras of successive populations of *Drosophila*. **Evolution**, v. 6, n. 3, p. 325-332. 1952.

SILVA, P. M. S.; FANTINEL, C. C.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre City, Southern of Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 363-374, 2005. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519566X2005000300002&script=sci_arttext&tlng=es>.

Acesso em: 02 mar. 2020.

SOTO, I.; CORIO, C.; FANARA, J. J.; HASSON, E. First Record of *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) in Argentina. **Drosophila Information Service**, v. 89, p. 13-14, 2006.

SOUZA, M. T.; BERNARDI, D.; KRINSKI, D.; MELO, D. J.; OLIVEIRA, D. C.; RAKES, M.; ZARBIN, P. H. G.; NORONHA, B. H. L.; MAIA, S.; ZAWADNEAK, M. A. C. Chemical composition of essential oils of selected species of *Piper* and their insecticidal activity against *Drosophila suzukii* and *Trichopria anastrephae*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 12, p. 13056–13065. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-020-07871-9>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

TEIXEIRA, R.; REGO, C. Drosófila da asa manchada. **Boletim Técnico. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade dos Açores, Açores – PT**, v. 11, n. 3, 2011.

TEIXEIRA, J. F. A Levedura *Saccharomyces cerevisiae*: caracterização do gênero, domesticação e importância na composição de vinhos. **Instituto de Ciências Biológicas Departamento de Microbiologia**. Belo Horizonte - MG, v. 1, p. 55, 2015.

TZAGOLOFF, A.; DIECKMANN, C. L. Genes of *Saccharomyces cerevisiae*. **Microbiological Reviews**, v. 54, n. 9, p. 211–225, 1990. Disponível em: <<https://mmbr.asm.org/>>. Acesso em: 1 de jul. 2020.

UCHÔA, M. A.; NICÁCIO, J. New Records of Neotropical Fruit Flies (Tephritidae), Lance flies (Lonchaeidae) (Diptera: Tephritoidea), and their host plants in the South Pantanal and adjacent areas, Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 103, n. 5, p. 723–733, 2010.

UCHÔA-FERNANDES, M. A.; OLIVEIRA, I.; MOLINA, R. M. S.; ZUCCHI, R. A. Species diversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) from hosts in the Cerrado of the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 515-524, 2002.

ULMER, R.; COUTY, A.; ESLIN, P.; GABOLA, F.; CHABRERIE, O. The firethorn (*Pyracantha coccinea*), a promising dead-end trap plant for the biological control of the spotted-wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*). **Biological Control**, v. 150, n. 1, 2020. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104345>>. Acesso em: 10. ago. 2020.

VARÓN-GONZÁLEZ, C.; FRAIMOUT, A.; DEBAT, V. *Drosophila suzukii* wing spot size is robust to developmental temperature. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 7, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ece3.5902>>. Acesso em: 1 de jul. 2020.

VEGA, G. J.; CORLEY, J. C.; SOLIANI, C. Genetic assessment of the invasion history of *Drosophila suzukii* in Argentina. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 3, p. 63-75, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10340-019-01149-x>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

VENTURA, M. I.; COSTA, T.; KLACZKO, L. B. Low temperature reveals genetic variability against male-killing spiroplasma in *Drosophila melanogaster* natural populations. **Microbial Ecology**, v. 67, n. 1. p. 229-235, 2014.

VILELA, C. R.; GÕNI, B. Mosca-africana-do-fígo, *Zaprionus indianus*, (Gupta). Cap. 9, p. 191-214. In: VILELLA, E. F.; ZUCCHI, R. A. Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros. Piracicaba, **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz**, 3ed., 2015.

VILELA, C. R.; MORI, L. The invasive spotted-wing *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 4, p. 371-375, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbent/v58n4/v58n4a10.pdf>>. Acesso em: 10. ago. 2020.

VLACH, J. Identifying *Drosophila suzukii*. **Oregon Department of Agriculture**, v. 1, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://www.oregon.gov/oda/shared/documents/publications/ippm/spottedwingdrosophilaidkey.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2020.

WALSH, D. B.; BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; DREVES, A. J.; LEE, J.; BRUCK, D. J.; WALTON, V. M.; O'NEAL, S. D.; ZALOM, F. G. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2011.

WALSH, B. S.; PARRATT, S. R.; HOFFMANN, A. A.; ATKINSON, D.; SNOOK, R. R.; BRETMAN, A.; PRICE, T. A. R. The impact of climate change on fertility. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 3, p. 249–259, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.12.002>>. Acesso: 1 de set. 2020.

WANG, X.; ZHAN, G.; REN, L.; SUN, S.; DANG, H.; ZHAI, Y.; YIN, H.; LI, Z.; LIU, B. Cold disinfection for 'Red Globe' grape (Rhamnales: Vitaceae) infested with *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Journal of Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 1-6, 2020. Disponível em: <<https://10.1093/jisesa/ieaa043>>. Acesso: 1 de jul. 2020.

WILLBRAND, B. N.; PFEIFFER, D. G. Brown rice vinegar as an olfactory field attractant for *Drosophila suzukii* (Matsumura) and *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) in cherimoya in Maui, Hawaii, with implications for attractant specificity between species and estimation of relative abundance. **Insects**, v. 10, n. 80, p. 1-18, 2019.

ZANUNCIO-JUNIOR, J. S.; FORNAZIER, M. J.; ANDREAZZA, F.; CULIK, M. P.; MENDONÇA, L. P.; OLIVEIRA, E. E.; MARTINS, D. S.; FORNAZIER, M. L.; COSTA, H.; VENTURA, J. A. Spread of two invasive flies (Diptera: Drosophilidae) infesting commercial fruits in southeastern Brazil. **Florida Entomologist**, v. 101, n. 1, p. 522-525, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1653/024.101.0328>>. Acesso: 1 de jul. 2020.