



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE**

ROSELITA FLORIANO PATÚ E SILVA ANDRADE

**OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO A PARTIR DO
CULTIVO DE INSETO EM MANIPUEIRA**

**VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE

ROSELITA FLORIANO PATÚ E SILVA ANDRADE

**OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO A PARTIR DO CULTIVO DE
INSETO EM MANIPUEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de concentração: Saúde Humana e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Christine Lamenha Luna Finkler

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Finkler

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
2019

Catálogo na Fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Ana Lígia F. dos Santos, CRB4/2005

A553o Andrade, Roselita Floriano Patú e Silva

Obtenção de concentrado proteico a partir do cultivo de inseto em Manipueira./ Roselita Floriano Patú e Silva Andrade. - Vitória de Santo Antão, 2019.

52 folhas; fig., tab.

Orientadora: Christine Lamenha Luna Finkler.

Coorientador: Leandro Finkler.

Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Programa de Pós-graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, 2019.

Inclui referências.

1. Antropoentomofagia. 2. *Zaprionus indianus*. 3. Larvas. 4. Mandioca. 5. Proteína I. Finkler, Christine Lamenha Luna (Orientadora). II. Finkler, Leandro (Coorientador). III. Título.

633 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-023/2020

ROSELITA FLORIANO PATÚ E SILVA ANDRADE

**OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO A PARTIR DO CULTIVO DE
INSETO EM MANIPUEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Saúde Humana e Meio Ambiente.

Aprovada em: 23/08/2019.

Prof^a. Dr^a. Christine Lamenha Luna Finkler (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Jenyffer Medeiros Campos Guerra (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Cllaudia Rohde (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Idjane Santana de Oliveira (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

À minha família e aos amigos espirituais.

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, presença constante em minha vida. E aos amigos espirituais por tantos momentos de inspiração.

À minha mãe, **Zelita Patú**, heroína que me deu apoio e incentivo nas horas de desânimo e incertezas. Ao meu pai, **Raimundo Patú** (*in memoriam*), que desde a infância me ensinou o real significado das palavras persistência e fé. E às minhas irmãs e sobrinhas por compreenderem minha ausência em tantos momentos em família.

Ao meu marido **Renato Alexandre** e ao meu filho **Mateus Patú** por me acompanharem nesta jornada de renúncias, superação e dedicação à pesquisa. E, por todo amor, incentivo e compreensão tão generosamente ofertados. Vocês foram minhas fortalezas nesses dois anos de pesquisa!

Ao meu orientador **Prof. Dr. Leandro Finkler** pela oportunidade, apoio e por sempre se fazer presente nos momentos mais cruciais desta pesquisa, com suas valiosas considerações e me fazendo enxergar os resultados sob uma nova perspectiva. Lembro-me do seu semblante tranquilo dizendo, ao ver a minha cara de decepção: “Um resultado não esperado, também é resultado”. Levarei para sempre comigo essa lição de vida. E serei eternamente grata por todos os ensinamentos e por acreditar no meu trabalho.

À **Profa. Dra. Cláudia Rohde** por me proporcionar o conhecimento, não apenas científico, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação técnico e científico.

Aos meus colegas do Laboratório de Genética do CAV (Centro Acadêmico de Vitória), em especial à colega e amiga **Rafaela Alves** pela ajuda prestativa durante a realização deste trabalho.

À **CAPES** (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

À **Universidade Federal de Pernambuco** e ao corpo docente desta pós-graduação por proporcionarem mais que a busca pelo conhecimento, mas uma lição de vida.

Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive”.

(Fernando Pessoa)

RESUMO

A produção de insetos destinados ao consumo humano, denominada antroponentomofagia, foi sugerida pela FAO/ONU como uma alternativa sustentável para a alimentação. Deste modo, foi viabilizada a produção de larvas de *Zaprionus indianus* com concentração protéica, através do cultivo em dieta suplementada com manipueira. Adultos de *Z. indianus* foram coletados, submetidos a adaptação da dieta controle (DC) e mantidos sob condições controladas de temperatura a 25 ± 3 °C. A manipueira, subproduto da mandioca rica em carboidratos, proteínas e minerais e posteriormente foi utilizada como ingrediente na elaboração da dieta suplementada (DSM), após tratamento para volatilização dos compostos cianídricos presentes na sua composição. Dos adultos jovens de *Z. indianus* cultivados em DC, foram separados e distribuídos 15 casais para cultivo em DC e outros 15 para cultivo em DSM. Após o aumento desta população, 500 casais de drosofilídeos jovens foram cultivados em DC e outros 500 casais em DSM e as larvas obtidas foram utilizadas nesta pesquisa. Foi observado que as larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM) apresentaram uma quantidade de proteína 438% maior, quando comparadas às larvas cultivadas em dieta controle (LDC). Entretanto, as LDSM apresentaram uma quantidade de carboidrato 75% menor e um teor de lipídeo 63% maior, em comparação às LDC e estes resultados podem ser atribuídos à metabolização do carboidrato sendo convertido em lipídeo, uma vez que os mecanismos bioquímicos dos humanos e dos drosofilídeos apresentam similaridades. A massa e o comprimento das LDSM foram 87% e 17%, respectivamente maiores, quando comparadas às LDC, sendo essas variações atribuídas às proporções de proteína e carboidrato presente na DC (1:18) e DSM (3:17). Tais proporções também conferiram maior viabilidade e menor tempo de desenvolvimento no período larva-adulto. Os casais cultivados em DSM, além de uma emergência 332% maior de adultos, também foi verificado um tempo de desenvolvimento 162% maior quando comparados aos adultos individualizados e cultivados em DC. Os dados evidenciam que a suplementação da dieta de *Z. indianus* com manipueira produz larvas com maior concentração protéica e menor concentração de carboidrato, sendo possível sua recomendação em planos alimentares que requeiram produtos ricos em proteína.

Palavras-chaves: Antroponentomofagia. *Zaprionus indianus*. Larvas. Mandioca. Proteína.

ABSTRACT

Insect production intended for human consumption, named antropoentomofagia, was suggested by FAO/UN as a sustainable alternative to the power supply. Thus, in order to enable the production of *Zaprionus indianus* larvae with protein concentration, through cultivation on a diet supplemented with manipueira, adult *Z. indianus* were collected, submitted to control diet (DC) adaptation and kept under controlled temperature conditions at $25 \pm 3^\circ \text{C}$. The manipueira (byproduct of cassava) rich in carbohydrates, proteins and minerals, was used as an ingredient in the elaboration of the supplemented diet (DSM) and kept at rest for five days, the ambient temperature of $26 \pm 3^\circ \text{C}$ for volatilization of the cyanide compounds present in your composition. Young adults of *Z. indianus* grown in DC, 15 couples were distributed in DC and other 15 in DSM. After the increase of this population, 500 couples of young drosophila were cultivated in DC another 500 in DSM and the obtained larvae were used in this study. It was observed that the larvae cultivated on a diet supplemented with manipueira (LDSM) presented a quantity of protein 438% higher when compared to larvae cultivated on diet control (LDC). However, the LDSM presented an amount of 75% less carbohydrate and lipid content of 63%, as compared to LDC and these results can be attributed to carbohydrate metabolism being converted to fat, since the biochemical mechanisms of humans and drosophilids present similarities. The mass and length of the LDSM were 87% and 17%, respectively, when compared to the largest LDC, with variations attributed to protein ratios and carbohydrate present in DC (1:18) and DSM (3:17). Such proportions also gave greater viability and less longevity in larva-adult period. The couple farmed in DSM, beyond a 332% higher adult emergence, was also verified a 162% greater average longevity when compared to individual adults and grown in DC. The data, so show that supplementation of the diet of *Zaprionus indianus* with manipueira, produces larvae with protein concentration, being possible to your recommendation on plans that require food products rich in protein.

Keywords: Anthropeentomofagy. *Zaprionus indianus*. Larvae. Cassava. Protein.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista dorsal (A) e vista lateral (B) da <i>Zaprionus indianus</i>	20
Figura 2 - Percentual e proporção de proteína e carboidrato (P:C) em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).	32
Figura 3 - Massa (g) de larvas cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM).	36
Figura 4 - Comprimento (mm) de larvas cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM).	36
Figura 5 - Dispersão dos valores de massa (g) e comprimento (cm) de larvas cultivadas em dieta controle (LDC).	37
Figura 6 - Dispersão dos valores de massa (g) e comprimento (cm) de larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM).	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição físico-química e desvio-padrão ($\pm$ DP) da manipueira, das dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM) e das larvas (LDC e LDSM) cultivadas nestas dietas.	31
Tabela 2 - Composição físico-química em base úmida (% BU) e seca (% BS) de diferentes fontes de proteína animal e de larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM).....	33
Tabela 3 – Análise da normalidade das variáveis massa e comprimento de larvas de <i>Z. indianus</i> cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM), através do teste de Kolmogorov-Smirnov.....	34
Tabela 4 – Média e Desvio-padrão das variáveis massa e comprimento de larvas de <i>Z. indianus</i> cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM), através do teste Z.....	35
Tabela 5 – Valores médios de massa (g) e de comprimento (mm) de larvas cultivadas em dietas controle (LDC) e suplementada com manipueira (LDSM).....	37
Tabela 6 - Viabilidade de <i>Z. indianus</i> nas fases larva-pupa e pupa-adulto cultivado em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).	39
Tabela 7 – Tempo de desenvolvimento médio (dias) em fases de desenvolvimento larva-pupa e pupa-adulto de <i>Z. indianus</i> cultivados em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).....	40
Tabela 8 - Tempo de desenvolvimento (dias e média) de casais de <i>Z. indianus</i> e número de adultos emergidos cultivados em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).	41
Tabela 9 - Tempo de desenvolvimento (dias e média) de adultos de <i>Z. indianus</i> Individualizados, separados por sexo e cultivados em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Intervalo de confiança
BU	Base úmida
BS	Base seca
°C	Graus Celsius
cm	Centímetro
DC	Dieta Controle
DP	Desvio-Padrão
DSM	Dieta Suplementada com Manipueira
F	Fêmea
FAO/WUR	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
g	Grama
HCN	Ácido cianídrico
LDC	Larvas cultivadas em Dieta Controle
LDSM	Larvas cultivadas em Dieta Suplementada com Manipueira
kg	Quilograma
M	Macho
mg	Miligrama
mm	Milímetro
mL	Mililitro
Máx	Máximo
Mín	Mínimo
N	Número de medidas
P:C	Proporção proteína-carboidrato
pH	Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1	15
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	17
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
1.3 REVISÃO DA LITERATURA	18
1.3.1 <i>Antropoentomofagia</i>	18
1.3.2 <i>Aspectos biológicos da espécie Zaprionus indianus</i>	19
1.3.3 <i>Ocorrência de Zaprionus indianus (mosca-do-figo) no Brasil</i>	21
1.3.5 <i>Manipueira: subproduto da mandioca (Manihot esculenta)</i>	22
2 capítulo 2	24
MANIPUEIRA PARA CULTIVO E ENRIQUECIMENTO PROTEICO DAS LARVAS DE ZAPRIONUS INDIANUS	24
2.1 <i>Resumo</i>	24
2.2 <i>Abstract</i>	25
2.3 <i>Introdução</i>	26
2.4 <i>Materiais e métodos</i>	28
2.4.1 <i>Coleta de Zaprionus indianus</i>	28
2.4.2 <i>Obtenção da manipueira</i>	28
2.4.3 <i>Elaboração de dieta suplementada com manipueira (DSM)</i>	28
2.4.4 <i>Cultivo de Zaprionus indianus em dieta controle (DC) e dieta suplementada com manipueira (DSM)</i>	29
2.4.5 <i>Caracterização físico-química da manipueira, das dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM) e das larvas cultivadas nestas dietas.</i>	29
2.4.6 <i>Avaliação de comprimento e massa das larvas cultivadas em dieta controle (DC) e em dieta suplementada com manipueira (DSM)</i>	30
2.4.7 <i>Viabilidade e tempo de desenvolvimento de Z. indianus cultivado em dieta controle (DC) e em dieta suplementada com manipueira (DSM)</i>	30
2.5 <i>Resultados e discussão</i>	31
2.5.1 <i>Caracterização físico-química da manipueira, dietas e larvas de Zaprionus indianus cultivadas nestas dietas.</i>	31
2.5.3 <i>Viabilidade e tempo de desenvolvimento de Z. indianus cultivada em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM)</i>	38

2.6	Conclusões	42
2.7	Referências	42
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional, a mudança nos hábitos alimentares e o aumento do consumo de produtos de origem animal favoreceram o desenvolvimento de regimes intensivos de pecuária (JANSON; BERGGREN, 2015), que demandam extensas áreas de terra para formação de pastagens, levando ao desmatamento florestal crítico e comprometendo a biodiversidade (FAO, 2010).

Tais fatores induziram a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/WUR) a alertar para a necessidade de encontrar fontes alternativas de proteína, a fim de atender a demanda da população humana no futuro (FAO/WUR, 2013). Deste modo, foi sugerida como uma alternativa sustentável para a alimentação, a produção de insetos destinados ao consumo, denominado antropointomofagia (JANSON; BERGGREN, 2015).

Ressalta-se que tal produção deve ser segura e controlada para que seja competitiva, face ao desenvolvimento de outras fontes alternativas de proteína (ROMEIRO *et al*, 2015; FAO/WUR, 2013). Alguns dos critérios de produção que devem ser controlados são a qualidade proteica e a taxa de conversão alimentar, sendo este último a medida que corresponde à quantidade de alimento que deve ser fornecida a animais de criação para se obter o retorno de um quilograma de biomassa (SPANG, 2013; FAO/WUR, 2013).

A taxa média de conversão verificada nos insetos é de 2 kg de ração para 1 kg de massa proteica, enquanto o gado bovino, para produzir a mesma quantidade de proteína, exige 8 kg de ração. Com relação à qualidade proteica, 100 g de massa de insetos apresentam 53 g de proteína, já os bovinos apenas 21 g (ROMEIRO *et al*, 2015; FAO/WUR, 2013).

Outro critério em destaque é a cultura alimentar da população, pois mesmo presente nos cardápios de alguns povos (VON ZUBEN, 2015), a aversão dos consumidores continua sendo uma das maiores barreiras para a adoção dos insetos como fonte viável de proteína em muitos países ocidentais.

Neste contexto, a indústria de alimentos desempenha um papel fundamental no que se refere à elevação dos insetos a categoria de alimento, seja com a criação de novas receitas e menus em restaurantes até a idealização de novos produtos alimentícios. Porém, a maior barreira da indústria de logística alimentar é o suprimento constante de insetos na quantidade e qualidade requerida.

A fim de viabilizar a criação e o fornecimento de insetos, devem ser avaliados e devidamente ajustados a taxa de reprodução, o tamanho do inseto, os custos e a composição associados à alimentação (FAO, 2010). Sob estes aspectos, destaca-se o inseto *Zaprionus Indianus* Gupta 1970, drosofilídeo nativo da África Tropical que teve o seu primeiro registro no Brasil no município de Santa Isabel-SP, em março de 1999 (STEIN *et al.*, 2003), em frutos de caqui (*Diospyros kaki*) (VILELA *et al.*, 2000).

No entanto, foi na cultura do figo-roxo que este drosofilídeo se estabeleceu, ficando conhecido como mosca-do-figo e sendo classificado como praga (VILELA *et al.*, 2000) por ser uma das espécies de drosofilídeos invasores mais abundantes nas amostragens de estudos ecológicos realizadas na região Neotropical (COUTINHO-SILVA, *et al.*, 2017; ROHDE *et al.*, 2013; TIDON, R.; ROQUE, F.; MATA, R. A., 2013).

Por tal capacidade de dispersão e de estabelecimento em diferentes ambientes, a *Z. indianus* é uma espécie cosmopolita (MATAVELLI *et al.*, 2013). E por apresentar uma larva maior no terceiro estágio, com aproximadamente $5,97 \pm 0,47$ mm (MATAVELLI *et al.*, 2013), se comparada a outras espécies de drosofilídeos, a larva do *Z. indianus* surge como uma possibilidade de fonte proteica para a dieta.

Para criação de drosofilídeo, um dos aspectos mais importantes para o sucesso da produção é a qualidade do meio de cultivo. Comumente utiliza-se em laboratório farinha de milho, agar-agar, açúcar e fermento biológico (SILVA, 2016; BOAVENTURA, 2013), que são ingredientes acessíveis e contribuem para uma boa produção destes insetos. Vale salientar que diferentes concentrações de nutrientes importantes podem afetar a viabilidade dos estoques (postura de ovos e tempo de desenvolvimento).

Assim, a suplementação desta dieta pode desempenhar um papel fundamental na determinação da fisiologia, da morfologia e da expectativa de vida do *Z. Indianus* (MATAVELLI *et al.*, 2015; SILVA, 2016). Tal suplemento, no entanto, deve ser rico em nutrientes, economicamente viável e sustentável e neste aspecto a

manipueira apresenta-se como uma boa alternativa, pois é um subproduto do processamento da mandioca rico em carboidratos, proteínas e minerais (SILVA *et al.*, 2015).

A manipueira é um resíduo obtido da prensagem da massa ralada da mandioca brava (*Manihot esculenta*) durante a produção de farinha. É tóxica por apresentar grupos de cianetos em sua composição química (CHISTÉ *et al.*, 2015), porém, quando submetida à volatilização adequada (SILVA *et al.*, 2017), torna-se um promissor suplemento energético-proteico na alimentação animal (ALMEIDA, 2009).

Segundo CHENG *et al.* (2008), dependendo da ingestão de macronutrientes, os sistemas de regulação de um animal são capazes de alterar seu metabolismo de forma que atinjam um equilíbrio e as consequências destes ajustes, podem ser vistas através de alterações em suas características biológicas. Diante disso, o presente trabalho avaliou se a suplementação com manipueira na dieta para drosofilídeos, altera a viabilidade, tempo de desenvolvimento, número de adultos emergidos, peso e comprimento das larvas de *Z. indianus* e composição de macronutrientes na fase de desenvolvimento. Destas avaliações, objetivou-se aprimorar a produção de larvas com maior teor proteico para uma possível implementação em planos alimentares que requeiram produtos ricos em proteína.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Viabilizar a produção de larvas de *Z. indianus* com maior teor proteico através do cultivo em dieta suplementada com manipueira.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar as características físico-químicas da manipueira;
- Desenvolver dieta para drosofilídeos suplementada com manipueira;
- Determinar as características físico-químicas da manipueira, da dieta controle e da dieta suplementada com manipueira;

- Determinar as características físico-químicas das larvas de *Z. indianus* cultivadas em dieta controle e suplementada com manipueira;
- Avaliar massa e comprimento das larvas cultivadas em dieta controle e em dieta suplementada com manipueira;
- Analisar a viabilidade e o tempo de desenvolvimento de *Z. indianus* cultivado em dietas controle e suplementada com manipueira.

1.3 REVISÃO DA LITERATURA

1.3.1 Antropoentomofagia

Antropoentomofagia é a alimentação humana com insetos, podendo ser consumidos em diferentes estágios de desenvolvimento, mas é em forma de larva ou pupa que a maioria das espécies registradas é consumida. Trata-se de uma cultura que sobrevive em diversos países desde a antiguidade, predominantemente em partes da Ásia, África e América Latina (ROMEIRO *et al*, 2015).

No Japão e em sociedades influenciadas pela cultura oriental, tem-se por hábito consumir larvas de insetos aquáticos. Na Índia, o cupim (*Isoptera*) ao molho curry é um prato popular (BRUNA, 2014). No sul da África, as lagartas *Mopani* são salgadinhos populares, além de uma importante fonte de ferro. Enquanto o teor de ferro da carne é de 6 mg a cada 100 g de peso seco, estas lagartas contêm 31 mg de ferro a cada 100 g (ROMEIRO *et al*, 2015).

O México é o país da América com mais relatos na literatura sobre insetos comestíveis, já tendo sido registrado mais de 500 espécies, entre lagartas, gafanhotos e percevejos. No Brasil, o consumo se faz presente em alguns pratos, como a farofa da formiga popularmente conhecida como tanajura ou içá, bastante apreciada em Minas Gerais, Amazonas e em todo o Nordeste brasileiro (ROMEIRO *et al*, 2015). A larva do besouro *Pachymerus nucleorum*, também é consumida por moradores da zona rural de Minas e a saúva (*Atta cephalotes*), formiga que pode ser encontrada principalmente nos cardápios da região Norte (BENÍTEZ, 2014).

Segundo dados da FAO/WUR (2013), cerca de 80% dos países possuem insetos em seu cardápio. São dois bilhões de pessoas que suplementam suas dietas com insetos, onde 100 g apresentam 53 g de proteína, enquanto os bovinos apenas 21 g (FAO, 2012; ROMEIRO *et al*, 2015). Também trazem benefícios ao meio

ambiente por emitirem menos amônia e gases de efeito estufa na criação de insetos, se comparada à pecuária convencional (OONINCX *et al.*, 2010).

Há ainda a taxa de conversão alimentar, que corresponde à quantidade de alimento que deve ser fornecida a animais de criação para se obter o retorno de um quilograma de biomassa. Na criação de insetos, 2 kg de ração podem ser convertidos em 1 kg de carne comestível, ao passo que o gado bovino exige 8 kg de ração para produzir a mesma quantidade de carne (FAO, 2012; ROMEIRO *et al.*, 2015).

Outro desafio importante, além de incentivar o consumo de insetos, é distribuição igualitária de alimentos para os estimados nove bilhões de habitantes em 2050 (FAO/WUR, 2013). Pois mesmo produzindo atualmente comida para doze bilhões de pessoas, onde habitam cerca de sete bilhões, a fome crônica ainda afeta 842 milhões de pessoas no mundo (FAO/WUR, 2012).

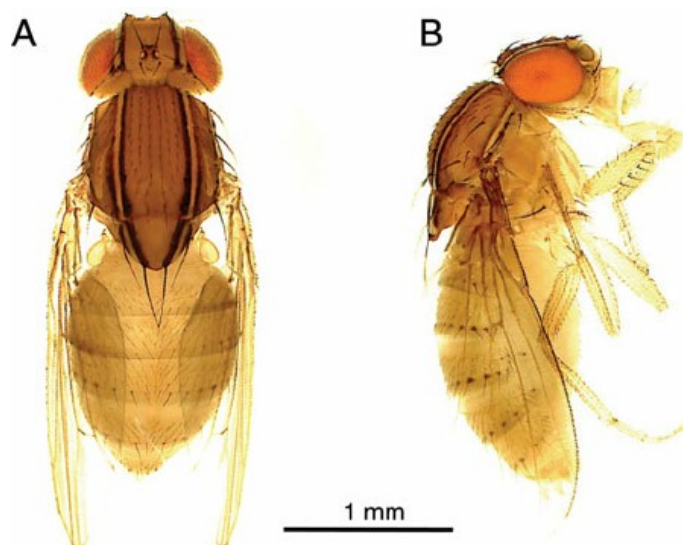
Ainda que estejam presentes nos cardápios de alguns povos, segundo Von Zuben (2015), o consumo de insetos não é comum na cultura ocidental por serem considerados esteticamente sujos e/ou repulsivos, além do fato da antroponomofagia estar associada a uma prática de povos primitivos, o que interfere diretamente no consumo de insetos como alimento.

Assim, a indústria de alimentos e a gastronomia são essenciais para a elevação dos insetos a categoria de alimento, seja com a idealização de novos produtos alimentícios, até a criação de novas receitas e menus em restaurantes. Porém, a maior barreira da indústria de alimentos é o suprimento constante de insetos na quantidade e qualidade requerida. Portanto, devem ser avaliados e devidamente ajustados a taxa de reprodução, o tamanho do inseto, os custos e a composição associados à alimentação (FAO, 2010).

1.3.2 Aspectos biológicos da espécie *Zaprionus indianus*

O gênero *Zaprionus* pertence à família Drosophilidae, sendo formado por dois subgêneros e 56 espécies, sendo a principal delas a *Zaprionus indianus*. Apesar do nome, esta espécie é supostamente nativa do continente africano (ARARIPE *et al.*, 2004). Foi descrita por Gupta, em 1970, e o primeiro registro de sua ocorrência em território sul-americano data de 20 de março de 1999 (VILELA *et al.*, 2000).

Figura 1 - Vista dorsal (A) e vista lateral (B) da *Zaprionus indianus*.



Fonte: Kacsoh, 2019.

Mede aproximadamente 2,5 a 3,0 mm de comprimento e apresenta na região dorsal do tórax, faixas longitudinais branco-prateadas, sendo duas dorsais e duas laterais. Essas faixas geralmente são bordejadas de outras faixas negras estreitas, que contrastam fortemente com as áreas castanho-aveludadas adjacentes e lateralmente pelos olhos vermelhos (VILELA *et al.*, 2000) e que permitem sua clara identificação taxonômica.

A larva no 3º estágio mede aproximadamente $5,97 \pm 0,47$ mm e tem coloração leitosa e a pupa é de cor castanha (MATAVELLI *et al.*, 2013). O período de incubação dos ovos é de aproximadamente 24 horas e o ciclo do ovo ao estágio adulto apresenta duração de 15 a 20 dias. Os adultos mantidos a temperatura de 22 °C podem sobreviver por mais de 80 dias (STEIN *et al.*, 2003).

Z. indianus mostra características generalistas, ou seja, é capaz de adaptar-se a diferentes condições ambientais (ROHDE *et al.*, 2013). Tal versatilidade ecológica pode ter sido a razão do sucesso de sua ampla distribuição geográfica, pois ocorre por toda África, em ilhas do Oceano Índico (Ilhas Comores, Madagascar, Seychelles, Reunião e Mascarenhas), do Atlântico (Ilhas Canárias e Santa Helena), Continente Asiático (Índia e Arábia Saudita) e América do Sul (Brasil e Uruguai), Central (Equador) e do Norte (Flórida) (VILELA *et al.*, 2001; VAN DER LINDE *et al.*, 2006).,

1.3.3 Ocorrência de *Zaprionus indianus* (mosca-do-figo) no Brasil

O primeiro registro publicado de *Z. indianus* no continente americano faz referência a exemplares adultos observados em 20 de março de 1999, sobre caquis em início de decomposição, dos quais emergiram moscas daquela espécie em Santa Isabel, região metropolitana de São Paulo (VILELA *et al.*, 2000). Nesta mesma época, na região de Valinhos (SP), durante a safra de figo da variedade roxo, foi constatada a presença de uma grande quantidade de *Z. indianus* se alimentando e fazendo postura no ostíolo do fruto em início de maturação, fato que levou tal drosofilídeo a ser chamado de mosca-do-figo. Uma grande quantidade de larvas também foi observada dentro de alguns frutos, tornando-os impróprios para o consumo humano, assumindo um comportamento de praga incomum entre drosofilídeos (VILELA *et al.*, 2000).

O fato da *Z. indianus* ser uma espécie generalista, utilizando uma grande variedade de frutos como fonte alimentar, tanto para imaturos como para adultos, confere a este drosofilídeo a possibilidade de se expandir com rapidez entre regiões de climas diversos. Tanto que, em pouco tempo no Brasil, já colonizava os estados de Goiás em 1999 (TIDON *et al.*, 2003), Pará em 2000 (MEDEIROS *et al.*, 2003) e Rio Grande do Sul em 2001 (CASTRO; VALENTE, 2001).

Em Pernambuco, *Z. indianus* foi amostrada, pela primeira vez, em março de 2000 (SANTOS *et al.*, 2003) na cidade do Recife. A espécie também foi coletada em diversos locais da Caatinga de Pernambuco (ROHDE *et al.*, 2013) e em ambientes de Floresta Atlântica (COUTINHO-SILVA *et al.*, 2017).

1.3.4 Alimentação e nutrição da *Z. indianus*

Cada espécie possui uma composição dietética particular, sendo alguns componentes benéficos, essenciais ou deletérios (RODRIGUES *et al.*, 2015). As proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas, sais minerais e água, classificadas como substâncias primárias, estão diretamente envolvidos com as necessidades fisiológicas de uma espécie, como sobrevivência, desenvolvimento, reprodução e comportamento dos seres vivos (MATAVELLI *et al.*, 2015).

Contudo, diante de situações adversas, como por exemplo, variações na adequação e abundância de alimentos, presença de competidores, parasitos e predadores, o potencial fisiológico pode não ser atingido, sendo comum que animais

apresentem alterações comportamentais, ou mesmo genéticas, para suprir suas necessidades metabólicas (SILVA, 2016).

Na natureza, a *Zaprionus indianus*, alimentam-se fundamentalmente de bactérias e leveduras que participam da fermentação de substratos ricos em carboidratos, especialmente frutos em decomposição (VILELA *et al.*, 2000). As substâncias voláteis que se originam na fermentação desses substratos funcionam como principal atrativo para essas moscas. O substrato em fermentação é utilizado pelos adultos como local de alimentação, corte e ovoposição e pelas larvas como sítio de desenvolvimento e, por vezes, de pupariação (VILELA *et al.*, 2000).

Em laboratórios, a dieta artificial adequada é aquela que, a baixo custo de composição, propicia alta viabilidade larval, produzindo insetos com duração da fase larval igual à da natureza, dando origem a adultos com alta capacidade reprodutiva (MATAVELLI *et al.*, 2015).

Assim, as dietas utilizadas em laboratórios como fonte de alimento, tanto para imaturos quanto para adultos de *Z. indianus*, são preparadas à base de farinha de milho e de centeio, com suplementação de fermento fresco de pão (*Saccharomyces cerevisiae*), uma vez que as leveduras representam um importante papel na nutrição das larvas, garantindo a criação em laboratório com boa taxa de emergência de adultos (VILELA *et al.*, 2000).

Entre as alternativas de resíduos agroindustriais que podem compor a dieta artificial está a manipueira que é um subproduto da extração da mandioca, rico em macro e micronutrientes.

1.3.5 Manipueira: subproduto da mandioca (*Manihot esculenta*)

A mandioca, do gênero *Manihot*, é uma dicotiledônea pertencente à família *Euphorbiaceae*, sendo a mais antiga planta cultivada no Brasil (CURY, 2008). O Brasil é considerado o país de origem e diversificação desta planta onde são reconhecidas cerca de 80 espécies (OLSEN, 2004), sendo a *Manihot esculenta* a espécie comestível e utilizada na fabricação de farinhas de mesa e féculas (CHISTÉ *et al.*, 2015).

No processo de industrialização da mandioca, as raízes são trituradas e prensadas para a remoção de seu líquido. A massa prensada segue para a torração

e fabricação de farinha de mesa e o resíduo líquido, denominado de manipueira, é descartado ou destinado à ração animal (CHISTÉ *et al*, 2015).

A água residual do processamento da mandioca representa aproximadamente 30% da matéria-prima processada, ou seja, uma tonelada de mandioca produz cerca de trezentos litros de manipueira (WOSIACKI; CEREDA, 2002). Além disso, se não tratado adequadamente, é um resíduo tóxico por apresentar grupos de cianetos em sua composição química e, se descartado indiscriminadamente, acarreta grave poluição ao meio ambiente.

Apesar de tóxica, a manipueira é rica em nutrientes, dentre os quais 1,17% de proteínas, 5,1% de açúcares totais, 3,02% de açúcares redutores e 0,53% de cinzas (SILVA, 2015), podendo ser usada como substrato na alimentação animal. Contudo, para viabilizar a sua utilização é necessário reduzir os teores de cianeto de sua composição (ALMEIDA *et al.*, 2009).

De acordo com Silva *et al* (2017), a toxicidade da manipueira é reduzida quando submetida a um processo de fermentação anaeróbica, que consiste no repouso em tanques abertos à sombra, por um período de 48 horas, tempo necessário para reduzir a concentração de ácido cianídrico (HCN) de 0,007 mg/mL para 0,001 mg/mL, ou seja, aproximadamente 85% do HCN presente na manipueira.

2 CAPÍTULO 2

MANIPUEIRA PARA CULTIVO E ENRIQUECIMENTO PROTEICO DAS LARVAS DE *ZAPRIONUS INDIANUS*

PATÚ, R. F. S. A.^{a, 1}; LAMENHA-FINKLER, C.^a; FINKLER, L.^a.

- a. Programa de Pós Graduação em Saúde humana e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico de Vitória (UFPE/CAV), 55608-680, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil.

2.1 Resumo

Viabilizar a produção de larvas de *Zaprionus indianus* com concentração proteica através do cultivo em dieta suplementada com manipueira foi o objetivo do presente trabalho. Adultos de *Z. indianus* foram coletados e submetidos a adaptação de dieta controle (DC), sob condições controladas de temperatura a $25^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$. A manipueira, utilizada como ingrediente na elaboração da dieta suplementada (DSM) foi obtida em casa de farinha no município de Pombos, Pernambuco, Brasil e mantida em repouso por cinco dias, a temperatura ambiente de $25^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$, para volatilização dos compostos cianídricos presentes na sua composição. Dos adultos jovens de *Z. indianus* cultivados em DC, foram separados e distribuídos 15 casais para cultivo em DC e outros 15 para cultivo em DSM. Após o aumento desta população, 500 casais de drosofilídeos jovens foram cultivados em DC e outros 500 casais em DSM e as larvas obtidas foram utilizadas nesta pesquisa. Foi observado nos resultados que as larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM) apresentaram uma quantidade de proteína 438% maior, quando comparadas às larvas cultivadas em dieta controle (LDC). A massa e o comprimento das LDSM foram 87% e 17%, respectivamente maiores, quando comparadas às LDC. Os casais cultivados em DSM, além de uma emergência 332% maior de adultos,

também foi verificada um tempo de desenvolvimento médio 162% maior quando comparados aos adultos individualizados e cultivados em DC. Assim, a suplementação da dieta de *Z. indianus* com manipueira, viabiliza a produção de larvas como incremento proteico.

Palavras-chaves: Antropoentomofagia; Drosofilídeo; Larvas; Mandioca; Proteína.

2.2 Abstract

Enable the production of *Zaprionus indianus* larvae with protein concentration through cultivation on a diet supplemented with manipueira was the objective of the present work, therefore adults of *z. indianus* were collected and subjected to adaptation of control diet (DC), under controlled conditions of temperature of $25^{\circ} \pm 1^{\circ}$ c. The manipueira, used as an ingredient in the preparation of the supplemented diet (DSM) was obtained in flour mill in the municipality of Pombos - PE and kept at home for five days, the ambient temperature of $25^{\circ} \pm 1^{\circ}$ C, for volatilization of those compounds present in your composition. Young adults of *z. indianus* grown on DC, 15 couples were distributed in DC and others 15 in DSM. After the increase of this population, 500 pairs of drosophilid young were cultured in DC and other 500 couples in DSM and the larvae obtained were used in this research. It was observed in the results that the larvae grown on a diet supplemented with manipueira (LDSM) presented a 438% more protein, quantity when compared with larvae grown on diet control (LDC). The weight and length of the LDSM were 87% and 17%, respectively, when compared to the largest LDC, being such ranges (1:6) and DSM (1:16). These proportions also gave greater viability and less longevity in larva-adult period. The couple farmed in DSM, beyond a 332% higher adult emergence, was also verified a 162% greater average longevity when compared to individual adults and grown in DC. Thus, diet supplementation of *z. indianus* with manipueira, enables the production of larvae with protein increment.

Keywords: Anthropoentomophagy; Drosophilid; Larvae; Cassava; Protein.

2.3 Introdução

O rápido crescimento populacional, a mudança nos hábitos alimentares e o aumento do consumo de produtos de origem animal favoreceram o desenvolvimento de regimes extensivos de pecuária (JANSON & BERGGREN, 2015), que demandam extensas áreas de terra para formação de pastagens, levando ao desmatamento florestal crítico e comprometendo a biodiversidade (FAO, 2010).

Tais fatores induziram a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/WUR) a alertar para a necessidade de encontrar fontes alternativas de proteína, a fim de atender a demanda da população humana no futuro (FAO/WUR, 2013). Deste modo, foi sugerida como uma alternativa sustentável para a alimentação, a produção de insetos destinados ao consumo, denominado antropointomofagia (JANSON & BERGGREN, 2015).

Neste documento também foram avaliadas a qualidade proteica dos insetos, onde 100g de massa de insetos apresentaram 53 g de proteína, enquanto os bovinos apenas 21 g (FAO/WUR, 2013; ROMEIRO *et al.*, 2015) e a taxa de conversão alimentar, que corresponde à quantidade de alimento que deve ser fornecida a animais de criação para se obter o retorno de um quilograma de biomassa. A taxa média de conversão verificada foi de 2 kg de ração para 1 kg de massa proteica, enquanto o gado bovino, para produzir a mesma quantidade de proteína exigiu 8 kg de ração (FAO/WUR, 2013; SPANG, 2013).

Neste contexto, a indústria de alimentos desempenha um papel fundamental no que se refere à elevação dos insetos a categoria de alimento, seja com a criação de novas receitas e menus em restaurantes até a idealização de novos produtos alimentícios. Porém, a maior barreira é o suprimento constante de insetos na quantidade e qualidade requerida.

A fim de viabilizar a criação e o fornecimento de insetos, devem ser avaliados e devidamente ajustados a taxa de reprodução, o tamanho do inseto, os custos e a composição associados à alimentação (FAO, 2010). Sob estes aspectos, destaca-se o inseto *Zaprionus Indianus* Gupta 1970, uma das espécies de drosofilídeos invasores mais abundante nas amostragens de estudos ecológicos realizadas na região Neotropical (COUTINHO-SILVA, *et al.*, 2017; ROHDE *et al.*, 2013; TIDON, R.; ROQUE, F.; MATA, R. A., 2013).

Z. indianus é um drosofilídeo nativo da África Tropical que teve o seu primeiro registro no Brasil no município de Santa Isabel – SP, em março de 1999 (STEIN *et al.*, 2003) em frutos de caqui (*Diospyros kaki*). No entanto, foi na cultura do figo-roxo que este drosofilídeo se estabeleceu, ficando conhecido como mosca-do-figo e sendo classificado como praga (VILELA *et al.*, 2000).

A larva de *Z. indianus* surge como uma possibilidade de fonte proteica para dieta, por apresentar uma larva maior no terceiro estágio, com aproximadamente $5,97 \pm 0,47$ mm (MATAVELLI *et al.*, 2013), se comparada a outras espécies de drosofilídeos, bem como pela capacidade de dispersão e de estabelecimento em diferentes ambientes, caracterizando a espécie como cosmopolita (MATAVELLI *et al.*, 2015).

Outro aspecto relevante para criação de insetos é o custo da alimentação e a qualidade do meio de cultivo. Em laboratório, para elaboração das dietas para drosofilídeos, é comum utilizar farinha de milho, agar-agar, açúcar e fermento biológico (SILVA, 2016; BOAVENTURA, 2013), que são ingredientes acessíveis e contribuem para uma boa produção destes insetos.

Vale salientar que a suplementação desta dieta pode desempenhar um papel fundamental na determinação da fisiologia, da morfologia e da expectativa de vida do *Z. Indianus* (MATAVELLI *et al.*, 2015; SILVA, 2016). Segundo CHENG *et al.* (2008), dependendo da ingestão de macronutrientes, os sistemas de regulação de um animal são capazes de alterar seu metabolismo de forma que atinjam um equilíbrio e, as consequências destes ajustes, podem ser vistas através de alterações em suas características biológicas.

Uma alternativa pode ser a utilização da manipueira como suplemento do meio de cultivo da *Z. Indianus*, por se rico em carboidratos, proteínas e minerais, além de ser economicamente viável e sustentável (SILVA *et al.*, 2015). A manipueira obtida da prensagem da massa ralada da mandioca brava (*Manihot esculenta*) durante a produção de farinha (CHISTÉ *et al.*, 2015). É tóxica por apresentar grupos de cianetos em sua composição química, porém, quando submetida à volatilização adequada (SILVA *et al.*, 2017), torna-se um promissor suplemento energético-proteico na alimentação animal (ALMEIDA, 2009).

Diante disso, o presente trabalho avaliou, via suplementação da dieta para drosofilídeo com manipueira, os efeitos destes ajustes nutricionais na viabilidade, tempo de desenvolvimento, tempo de desenvolvimento, número de adultos emergidos, aspectos morfológicos (peso e comprimento) das larvas de *Z. indianus* e composição centesimal nesta fase de desenvolvimento.

2.4 Materiais e métodos

2.4.1 Coleta de *Zaprionus indianus*

Drosofilídeos coletados nas dependências do CAV-UFPE, com o auxílio de armadilhas atrativa adaptada para esta espécie, confeccionada a partir de garrafas PET (AGUIAR *et al.*, 2006). Após a coleta, *Z. indianus* adultos foram identificados sob lupa no Laboratório de Genética (CAV-UFPE), transferidos para frascos de vidro (8 cm de altura x 6 cm de diâmetro) e submetidos a adaptação da dieta de laboratórios contendo aproximadamente 40 mL de dieta controle (DC) composta por farinha de milho (25g), farinha de centeio (10g), açúcar (50g), fermento biológico (50g), agar-agar (5g), Nipagin (1g) e água destilada (500mL), fechados por rolhas de espuma e mantidos sob condições controladas de temperatura a $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

2.4.2 Obtenção da manipueira

A manipueira foi obtida em casa de farinha do município de Pombos, Pernambuco, durante o processo de prensagem da massa ralada de mandioca. Após o transporte para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos do CAV-UFPE, foi depositada em recipiente plástico com capacidade para 20 litros, coberta por tela e armazenada em capela durante cinco dias, a uma temperatura ambiente de $26 \pm 3^{\circ}\text{C}$, para volatilização dos compostos cianídricos presentes na sua composição. Em seguida, foi transferida para garrafas plásticas com capacidade para cinco litros e armazenadas sob refrigeração ($3 \pm 1^{\circ}\text{C}$) para posterior utilização na dieta para cultivo de drosofilídeos.

2.4.3 Elaboração de dieta suplementada com manipueira (DSM)

Para dieta suplementada com manipueira (DSM), algumas alterações foram

realizadas na DC, sendo a água destilada substituída por 500 mL de manipueira. O agar-agar foi excluído da lista de ingredientes, pois o amido presente na composição da manipueira, quando aquecido promoveu o espessamento necessário a dieta. O Nipagin foi retirado, pois a manipueira usada no experimento apresentou um pH de 4,04, contribuindo assim para a redução da multiplicação microbiana na DSM.

*2.4.4 Cultivo de *Zaprionus indianus* em dieta controle (DC) e dieta suplementada com manipueira (DSM)*

Adultos jovens de *Z. indianus* cultivados em DC, foram separados 30 casais, sendo distribuídos 15 em DC e 15 em DSM. Repiques foram realizados a cada 24 horas para ovoposição e consequente aumento da população. E os frascos contendo DC e DSM eram trocados semanalmente.

Dos insetos cultivado, foram separados 500 casais de drosófilas jovens cultivadas na DC e 500 da DSM. Em seguida, foram distribuídos em cinco potes de vidro (8x6 cm), contendo 100 casais cada. Após 24 horas de ovoposição, repiques foram realizados a cada 4 horas para obtenção de ovos e possibilitar o estudo das diferentes fases de desenvolvimento da *Z. indianus* cultivada em DC e DSM.

2.4.5 Caracterização físico-química da manipueira, das dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM) e das larvas cultivadas nestas dietas.

As análises para determinação da composição química das dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM) e das larvas cultivadas nestas dietas foram realizadas em triplicata e de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de gordura das dietas (DC e DSM) e das larvas foi determinado pelo método de *Sohxlet*, que consiste no processo contínuo de extração de óleos e gorduras por repetidas lavagens utilizando-se solvente orgânico éter etílico. Já para manipueira, foi utilizada a metodologia de Bligh & Dyer, que consiste na extração de lipídeos a frio, a base de clorofórmio, metanol e água.

Para determinação de proteínas das dietas (DC e DSM), das larvas e da manipueira, foi utilizado o método de *Kjeldahl*, que se baseia na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônia através da digestão com ácido sulfúrico

e posterior destilação com liberação de amônia, que é fixada em solução ácida e titulada.

A umidade (base úmida - BU) foi definida por evaporação em estufa de secagem (marca Quimis, modelo Q-100/64) à temperatura de 105 °C por 24 horas, cinzas (base seca - BS) por calcinação em forno mufla (marca Quimis, modelo Q-16/220) à 525 °C por 16 horas e o carboidrato por diferença.

2.4.6 Avaliação de comprimento e massa das larvas cultivadas em dieta controle (DC) e em dieta suplementada com manipueira (DSM)

De cada dieta DC e DSM, foram separadas 300 larvas em terceiro estágio, aferidos peso e comprimento de cada larva e obtidas as respectivas médias. Antes da aferição, as larvas foram lavadas e limpas com água e secadas em papel toalha. E para facilitar nas medições, as larvas foram submetidas à baixa temperatura (-18 °C ± 3 °C) por 15 segundos. Para aferição do peso foi utilizada uma balança de precisão (marca CELTAC, modelo FA2104N) e o comprimento foi obtido com paquímetro analógico (marca STARRET, modelo MEAT-6/150).

2.4.7 Viabilidade e tempo de desenvolvimento de Z. indianus cultivado em dieta controle (DC) e em dieta suplementada com manipueira (DSM)

Três dias após a postura de ovos, foram separadas 100 larvas recém-eclodidas, distribuídas em 10 potes de vidro (8x6 cm) contendo DC e acompanhadas diariamente para obtenção da viabilidade e do tempo de desenvolvimento da larva. Para viabilidade e tempo de desenvolvimento pupal, foram separados 40 potes de vidro (8x6 cm) e em cada um foram transferidas cinco larvas no mesmo período de três dias após a postura dos ovos, sendo as pupas posteriormente obtidas.

Dos adultos recém-emergidos, foram isolados 15 de cada sexo em potes de vidro (8x6 cm) contendo DC ou DSM. Trinta casais foram separados e também cultivados em potes com as diferentes dietas. Foram avaliadas o tempo de desenvolvimento do macho, da fêmea, da população e o número médio de adultos que emergiram dos casais em cada dieta.

2.4.8 Análise estatística

O teste estatístico de normalidade de Kolmogorov-Smirnov foi realizado em

programa Statistic 5.0. O teste de comparação de médias utilizado foi o teste Z em programa Excel®.

2.5 Resultados e discussão

2.5.1 Caracterização físico-química da manipueira, dietas e larvas de *Zapionus indianus* cultivadas nestas dietas.

Os resultados das análises de composição físico-química da manipueira, das dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM) e das larvas (LDC e LDSM) cultivadas nestas dietas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição físico-química e desvio-padrão ($\pm$ DP) da manipueira, das dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM) e das larvas (LDC e LDSM) cultivadas nestas dietas.

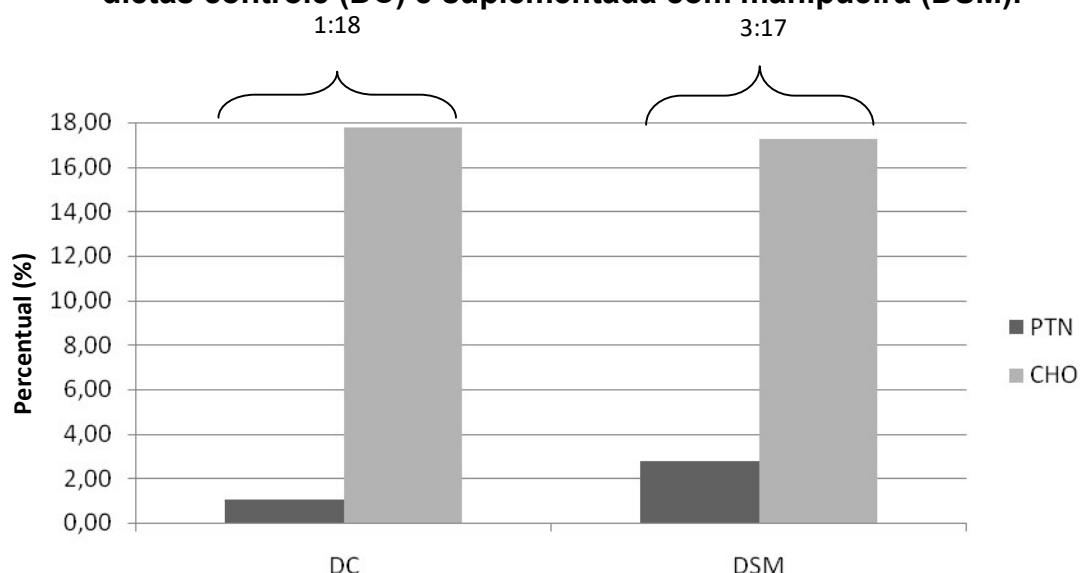
Nutrientes	Manipueira		Dietas				Larvas			
			DC		DSM		LDC		LDSM	
	%	$\pm$ DP	%	$\pm$ DP	%	$\pm$ DP	%	$\pm$ DP	%	$\pm$ DP
Proteína	3,28	$\pm 0,05$	1,03	$\pm 0,07$	2,78	$\pm 0,02$	2,03	$\pm 0,07$	10,92	$\pm 0,08$
Lipídio	0,05	$\pm 0,01$	0,44	$\pm 0,01$	0,15	$\pm 0,03$	2,06	$\pm 0,03$	3,35	$\pm 0,24$
Umidade	92,46	$\pm 0,16$	80,51	$\pm 0,16$	79,03	$\pm 0,33$	82,22	$\pm 0,35$	80,91	$\pm 0,36$
Cinzas	2,14	$\pm 0,12$	0,25	$\pm 0,03$	0,77	$\pm 0,04$	0,46	$\pm 0,03$	1,55	$\pm 0,02$
Carboidrato	2,05	$\pm 0,05$	17,76	$\pm 0,08$	17,27	$\pm 0,31$	13,24	$\pm 0,41$	3,27	$\pm 0,17$

Fonte: próprio autor, 2019.

Notou-se que a quantidade de proteína na dieta suplementada (DSM) aumentou 170% e a de cinzas 208%, se comparadas à dieta controle (DC) (Tabela 1). Tais incrementos na DSM é atribuído à suplementação com manipueira, que em sua composição apresentou teores de proteína e de cinzas de $3,28 \pm 0,05\%$ e $2,14 \pm 0,12\%$, respectivamente (Tabela 1). Quanto à umidade e carboidrato, não foram verificadas diferenças entre as dietas.

A Figura 2 apresenta as proporções de proteínas e carboidratos (P:C) de 1:18 e 3:17 verificadas, respectivamente na dieta controle (DC) e na dieta suplementada com manipueira (DSM).

Figura 2 - Percentual e proporção de proteína e carboidrato (P:C) em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).



Fonte: próprio autor, 2019.

Ao analisar larvas de *Z. indianus* cultivadas em dieta suplementada (LDSM), notou-se uma quantidade de carboidrato aproximadamente 75% menor, quando comparada às larvas cultivadas em dieta controle (LDC). Muitos dos órgãos que controlam a absorção, o armazenamento e o metabolismo em humanos, também estão presentes como complexos celulares em moscas, desempenhando as mesmas funções (LUERSEN *et al.*, 2019; TATAR, 2011). Deste modo, o teor de lipídeo 63% maior nas LDSM, em comparação às LDC, pode ser atribuído à metabolização do carboidrato sendo convertido em lipídeo, visto que os mecanismos bioquímicos dos humanos e drosofilídeos mostram marcantes similaridades (ECKER, 2014; DE PAULA *et al.*, 2016).

O quantitativo de proteína das larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM) foi 438% maior (Tabela 1), quando comparado às LDC. Tal aumento é atribuído a manipueira utilizada na composição da dieta suplementada, pois se observa na Tabela 1 a quantidades de proteínas de $3,28 \pm 0,05\%$, o que corresponde a um incremento de 170% de proteínas no meio de cultivo

suplementado. Umidade não apresentou diferença entre as larvas cultivadas em dietas controle (LDC) e suplementada com manipueira (LDSM).

Tabela 2 - Composição físico-química em base úmida (% BU) e seca (% BS) de diferentes fontes de proteína animal e de larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM).

Nutrientes	LDSM		Salmão*		Suíno (bisteca)*		Bovino (músculo)*		Frango (Peito)*	
	%BU	%BS	%BU	%BS	%BU	%BS	%BU	%BS	%BU	%BS
Proteína	10,92	57,20	19,30	62,26	21,50	66,56	21,10	76,45	20,50	72,96
Lipídio	3,35	17,55	9,70	31,29	8,00	24,77	5,50	19,93	6,70	23,84
Umidade	80,91	--	69,00	--	67,70	--	72,40	--	71,90	--
Cinzas	1,55	8,12	1,20	3,87	1,00	3,10	1,00	3,62	0,90	3,20
Carboidrato	3,27	17,13	0,80	2,58	1,80	5,57	0,00	0,00	0,00	0,00

*NEPA, 2011 (TACO).

Fonte: próprio autor, 2019.

A Tabela 2 apresenta a composição físico-química em base úmida (% BU) e base seca (% BS) de larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM) e de diferentes fontes de proteína animal. Ao comparar tais resultados em base seca, notou-se nas LDSM o teor de carboidrato 207% maior e cinzas 162% maior quando comparadas à carne suína.

Já teor de proteína registrado nas LDSM foi de 57,20%, ou seja, valor aproximado ao do salmão (62,26%) e ao da carne suína (66,56%). Costa (2017) encontrou resultados aproximados aos do presente estudo (63,5%), porém para larvas de *Tenebrio molitor*, besouro gênero *Tenebrio*, representante da família dos tenebrionídeos.

E o teor de lipídeos em base seca observado nas LDSM foi de 17,55% (Tabela 2). Valor aproximado (18%) foi registrado por Wemans (2015), enquanto Finke (2002) apresentou valor superior a 30%, em larvas de *Tenebrio molitor*. Em ambos os estudos e as diferenças encontradas nestes valores podem ser atribuídas ao modo de produção e alimentação das larvas de *T. molitor* utilizadas.

Ainda analisando o teor de lipídeos na Tabela 2, foram observadas nas LDSM 78% e 41% menos lipídeos em sua composição, quando comparadas ao teor de

lipídeos presentes no salmão e na carne suína, respectivamente. Caracterizando as LDSM uma opção saudável de fonte de proteína animal.

2.5.2 Avaliação de massa e comprimento das larvas cultivadas em dietas controle (LDC) e suplementada com manipueira (LDSM)

A base das dietas das moscas-da-fruta é carboidrato, proveniente principalmente de frutos e proteínas originadas de leveduras e outros fungos, conforme observado por Vilela (2000) e Boaventura (2013). E segundo Silva (2016) e Rodrigues *et al* (2015), a variação da proporção desses macronutrientes pode influenciar no desenvolvimento desses drosofilídeos.

Silva (2016) avaliou larvas de *Z. indianus* e notou que a quantidade de proteína na dieta se relacionava positivamente com o desenvolvimento. Reis (2016) constatou que larvas de drosófilas cultivadas em dietas ricas em proteína se desenvolveram mais rapidamente. Matavelli *et al.* (2015), por sua vez, ao avaliar as proporções de P:C, notou uma melhor eficiência sobre o tamanho de *Z. indianus* adultos, nas dietas com maiores proporções de proteína.

Os resultados obtidos nas medidas das variáveis massa e comprimento das larvas *Z. indianus*, tanto as cultivadas em dieta controle (DC) quanto em dieta suplementada com manipueira (DSM), foram analisados quanto à normalidade dos dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo este o teste estatístico mais indicado para valores de N (número de medidas) maiores que 50. Assim, para um intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$) foi observado que somente os resultados obtidos para as medidas do comprimento de larvas cultivadas em DSM poderiam ser aproximados para uma distribuição normal, visto que o valor de $D_{\text{calculado}}$ foi menor que D_{tabelado} (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise da normalidade das variáveis massa e comprimento de larvas de *Z. indianus* cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM), através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Variável	Meio	N	A	D _{calculado}	D _{tabelado}
Massa	DSM	300	0,05	0,1770	0,078
	DC	300	0,05	0,1154	0,078
Comprimento	DSM	300	0,05	0,0760	0,078
	DC	300	0,05	0,1125	0,078

N = número de medidas A = intervalo de confiança

Fonte: próprio autor, 2019.

Ainda que as medidas das massas das larvas cultivadas em DSM e em DC e dos comprimentos das larvas cultivadas em DC não tenham aproximação a uma distribuição normal no teste de Kolmogorov-Smirnov, segundo Mann e Whitney (1947) a aproximação a uma distribuição normal pode ser considerada para os conjuntos amostrais com amostras maiores que 30 elementos.

Para a comparação das médias entre os grupos, foi utilizado o teste Z para dados normalmente distribuídos, tendo em vista que o valor de N é 300. Os resultados da análise estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Média e Desvio-padrão das variáveis massa e comprimento de larvas de *Z. indianus* cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM), através do teste Z.

Variável	Meio	N	Média	Desvio-padrão	Z _{calculado}	Z _{tabelado}
Massa	DSM	300	0,002825	$\sigma_1 = s_1 = 0,000696$	29,57	1,96
	DC	300	0,001512	$\sigma_2 = s_2 = 0,000329$		
Comprimento	DSM	300	0,5572	$\sigma_1 = s_1 = 0,0395$	22,73	1,96
	DC	300	0,4824	$\sigma_2 = s_2 = 0,0411$		

N = número de medidas

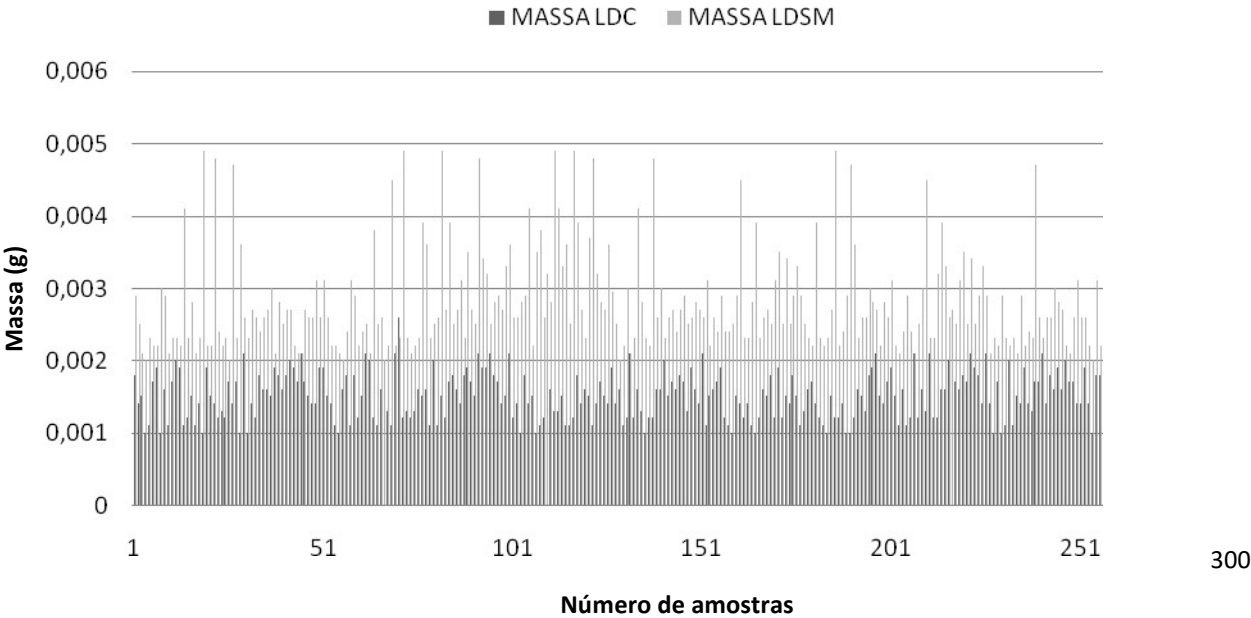
Fonte: próprio autor, 2019.

Observando-se que os valores de Z_{calculado} são maiores do que os valores de Z_{tabelado} (Tabela 4), a 95% de confiança, os valores das médias tanto para as medidas de massa quanto de comprimento não podem ser considerados iguais.

Ao analisar as amostras, observa-se na figura 3 que as larvas cultivadas em DSM apresentaram picos de massa (g) maiores, se comparadas às larvas cultivadas

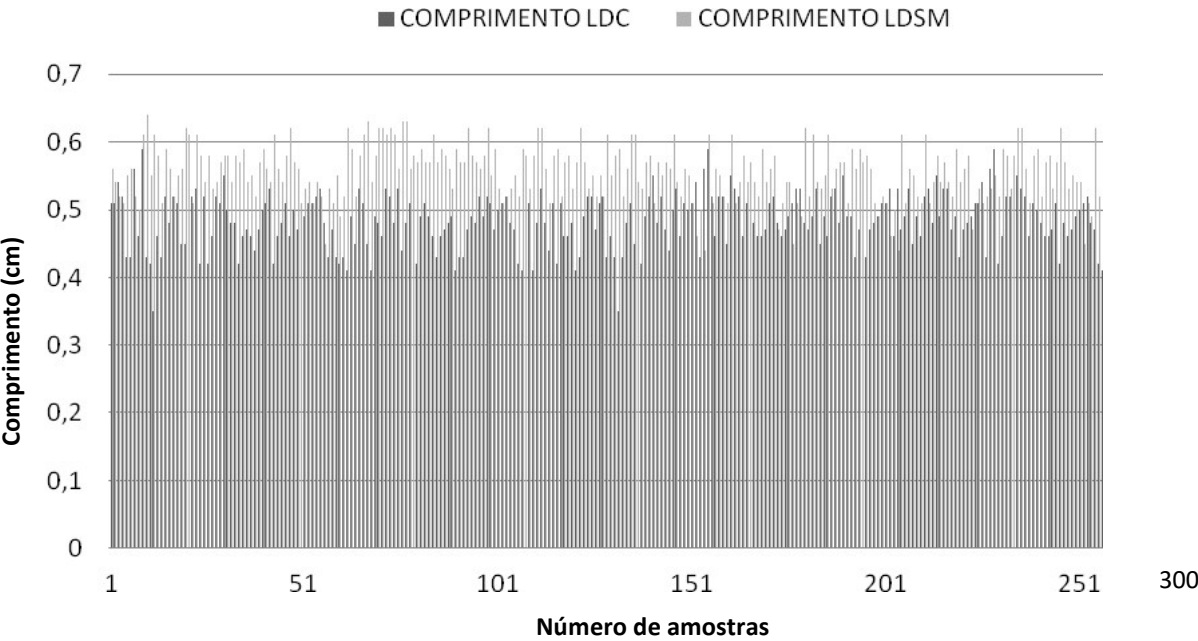
em DC. Já a Figura 4 apresenta as diferenças de comprimento (cm) obtidas entre as LDSM e as LDC, sendo o maior comprimento observado nas larvas cultivadas em DSM.

Figura 3 - Massa (g) de larvas cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM).



Fonte: próprio autor, 2019.

Figura 4 - Comprimento (mm) de larvas cultivadas em dieta controle (LDC) e em dieta suplementada com manipueira (LDSM).



Fonte: próprio autor, 2019.

A Tabela 5 apresenta os valores médios de massa (g) e de comprimento (cm) obtidos das amostras de LDC e LDSM. Observa-se, portanto que larvas cultivadas em DC apresentaram valor médio de massa (g) de 0,0015 g e as cultivadas em DSM 0,0018 g. Com relação ao comprimento (cm), as LDC e LDSM apresentaram valores médios de 0,48 cm e 0,56 cm, respectivamente. Ou seja, um aumento médio de 87% de massa (g) e de 17% de comprimento (mm) em larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM) quando comparadas às larvas cultivadas em dieta controle (LDC). Estes resultados confirmam os dados apresentados pelas Figuras 4 e 5. E ainda corroboram com os apresentados por Silva (2016) e parcialmente com os de Matavelli *et al.* (2015), em que o peso foi visto com *Z. indianus* na fase adulta.

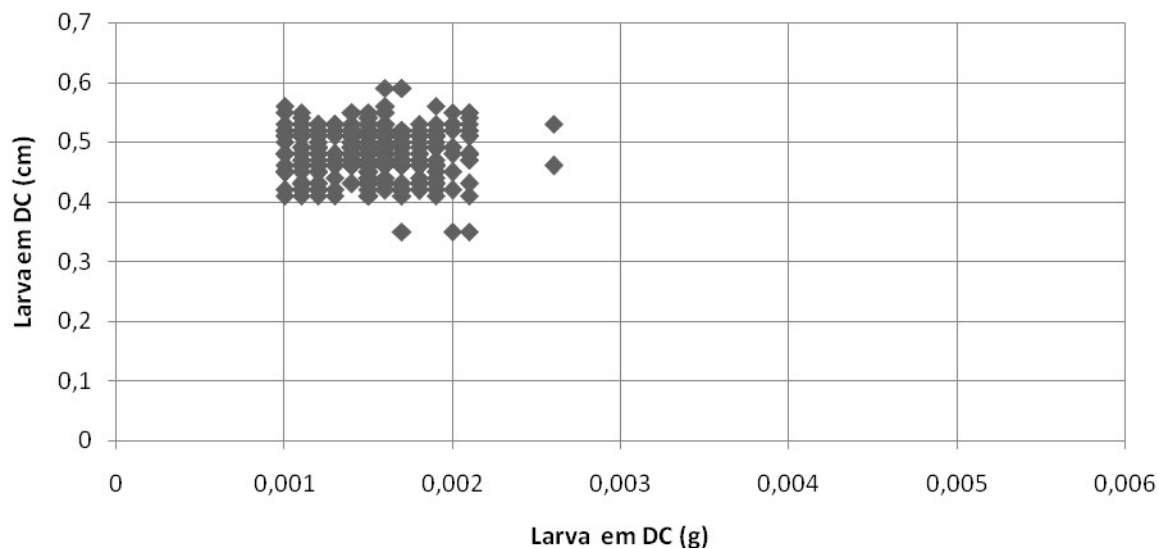
Tabela 5 – Valores médios de massa (g) e de comprimento (mm) de larvas cultivadas em dietas controle (LDC) e suplementada com manipueira (LDSM).

Medidas	Larvas em dietas	
	LDC	LDSM
Massa (g)	0,0015 ± 0,0002	0,0028 ± 0,0004
Comprimento (cm)	0,48 ± 0,02	0,56 ± 0,03

Fonte: próprio autor, 2019.

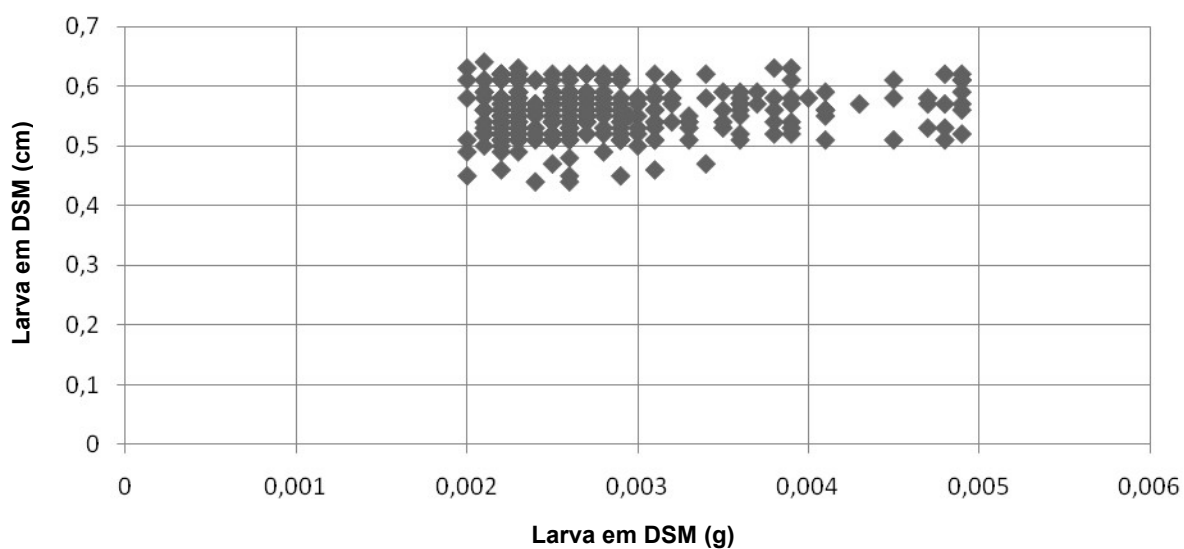
A Figura 5 apresenta a dispersão dos valores de massa (g) e comprimento (cm) das LDC e observa-se que a massa alcança valores próximos a 0,002 g. E para o comprimento, valores até 0,5 cm. Já a Figura 6, que apresenta a dispersão para as LDSM, os dados para massa se concentram em valores próximos a 0,003 g e os de comprimento próximos a 0,6 cm. Estes resultados demonstram que a manipueira, quando utilizada no meio de cultivo para *Z. indianus*, produz larvas maiores.

Figura 5 – Dispersão dos valores de massa (g) e comprimento (cm) de larvas cultivadas em dieta controle (LDC).



Fonte: próprio autor, 2019.

Figura 6 - Dispersão dos valores de massa (g) e comprimento (cm) de larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM).



Fonte: próprio autor, 2019.

2.5.3 Viabilidade e tempo de desenvolvimento de *Z. indianus* cultivada em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM)

A Tabela 6 foi verificada uma viabilidade 15% maior na fase de desenvolvimento larva-pupa e 24% maior na fase de desenvolvimento pupa-adulto em indivíduos cultivados em dieta suplementada com manipueira (DSM), quando

comparados aos submetidos à dieta controle (DC). Resultados parecidos foram encontrados por Silva (2016), onde uma melhor viabilidade de *Z. indianus* foi verificada em dietas com proporções de P:C (1,5:1 e 1:1).

Vale salientar que, para padronizar o tempo de desenvolvimento e facilitar a interpretação dos resultados neste estudo de viabilidade, as larvas de *Z. indianus* foram transferidas três dias após a postura dos ovos.

Tabela 6 - Viabilidade de *Z. indianus* nas fases larva-pupa e pupa-adulto cultivado em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).

Quantidade de larvas	Fases de desenvolvimento	Viabilidade (%)	
		DC	DSM
100	Larva-pupa	81,0	93,0
200	Pupa-adulto	69,5	86,0

Fonte: próprio autor, 2019.

De acordo com Matavelli *et al.* (2015), um organismo ao se alimentar altera o seu estado nutricional inicial e nesta ingestão um ponto de equilíbrio tende a maximizar seu desempenho em diferentes aspectos biológicos. Por outro lado, quando a dieta se encontra nutricionalmente desequilibrada, os organismos não conseguem satisfazer os seus requisitos ideais de ingestão e acabam ingerindo nutrientes em excesso, para corrigir as deficiências decorrentes de outros. O organismo, portanto, deve ser capaz de anular os excessos ingeridos ou de conservar os nutrientes em falta, caso contrário, não será capaz de regular seu metabolismo e desenvolver-se (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Na Tabela 7 foi observada, na fase de desenvolvimento larva-adulto de *Z. indianus*, um tempo de desenvolvimento médio de 19,5 dias e de 16,5 para indivíduos cultivados em DC e DSM, respectivamente. Ou seja, uma redução de 15% no tempo de desenvolvimento médio de *Z. indianus* cultivados em DSM, quando comparados aos indivíduos cultivados em DC. Segundo Boaventura (2013), o fato dos imaturos de *Z. indianus* submetidos à dieta com maior P:C apresentarem desenvolvimento mais rápido que na dieta convencional, pode estar relacionado a quantidade ótima de proteína disponibilizada para o desenvolvimento larval deste drosofilídeo, não exigindo a procura por mais alimento.

Tabela 7 – Tempo de desenvolvimento médio (dias) em fases de desenvolvimento larva-pupa e pupa-adulto de *Z. indianus* cultivados em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).

Quantidade de larvas	Fases de desenvolvimento	Tempo de desenvolvimento (dias) conforme dietas					
		DC			DSM		
		Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
100	Larva-pupa	13,0	17,0	15,0	12,0	16,0	14,0
200	Pupa-adulto	3,0	6,0	4,5	2,0	3,0	2,5
--	Larva-adulto	16,0	23,0	19,5	14,0	19,0	16,5

Fonte: próprio autor, 2019.

Rodrigues *et al.* (2015) encontraram resultados aproximados aos do presente estudo, porém para *Drosophila melanogaster*, onde a proporção de proteína se relacionava positivamente com o tempo de desenvolvimento (tempo de desenvolvimento) nas proporções P:C de 1:1 e 1:8. Matavelli *et al.* (2015), contudo observou que o tempo de desenvolvimento de *Z. indianus* não apresentava diferença, independente da proporção P:C, em dietas com diferentes concentrações calóricas para o estágio de desenvolvimento pupa-adulto.

Na Tabela 8 verifica-se que casais de *Z. indianus* cultivados em DSM apresentam uma tempo de desenvolvimento médio menor (48,5 dias), porém uma quantidade 332% maior de adultos emergidos (445), se comparados aos casais cultivados em DC. Estes resultados encontram respaldo nos trabalhos de Boaventura (2013) e Amoud, Diab & Abou-Fannah (1993), ambos realizados com diferentes densidades iniciais de larvas de *Z. indianus*. Tais autores observaram que quanto maior a densidade, menor era a taxa de sobrevivência e sugerem que na competição intraespecífica, as alterações causadas na sobrevivência, estão relacionadas com a depleção de recursos e com o aumento de resíduos larvais (ácido úrico e gás carbônico), sendo provavelmente esta a causa para o menor tempo de desenvolvimento observado.

Tabela 8 - Tempo de desenvolvimento (dias e média) de casais de *Z. indianus* e número de adultos emergidos cultivados em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM).

Dieta	N (casais)	Tempo de desenvolvimento de casais (dias)			Número de adultos emergidos
		Mínimo	Máximo	Media	
DC	15	29	94	61,50	103,0
DSM	15	18	79	48,50	445,0

N = número de medidas

Fonte: próprio autor, 2019.

Na Tabela 9 pode-se observar que adultos machos individualizados de *Z. indianus* e cultivados em dieta controle (DC) apresentaram um tempo de desenvolvimento médio de 23,5 dias. Já os indivíduos cultivados em dieta suplementada com manipueira (DSM) o tempo de desenvolvimento médio foi de 24,0 dias. Quanto as adultas fêmeas individualizadas de *Z. indianus*, os tempo de desenvolvimentos médios encontrados, foram de 23,5 dias e de 23 dias, quando cultivadas em DC e em DSM, respectivamente. Ou seja, não foram verificadas diferenças significativas entre os tempos de desenvolvimento de machos e fêmeas individualizados e cultivados em DC e DSM.

Tabela 9 - Tempo de desenvolvimento (dias e média) de adultos de *Z. indianus* Individualizados, separados por sexo e cultivados em dietas controle (DC) e suplementada com manipueira (DSM)

Dieta	N (indivíduos)	Sexo	Tempo de desenvolvimento de adultos individualizados (dias)		
			Mínimo	Máximo	Media
DC	15	M	6	41	23,50
	15	F	8	39	23,50
DSM	15	M	7	41	24,00
	15	F	9	37	23,00

N = número de medidas

Fonte: próprio autor, 2019.

Ao analisar os dados das Tabelas 8 e 9, verificou-se que casais de *Z. indianus* cultivados em DC apresentaram um tempo de desenvolvimento 162% maior, quando comparada aos adultos individualizados cultivados em DC e em DSM. Já os casais cultivados em DSM apresentaram um tempo de desenvolvimento 106% maior, quando comparada aos adultos individualizados cultivados em DC e DSM. Tais resultados corroboram com os apresentados por Amoud, Diab & Abou-Fannah (1993), cujo trabalho também realizado com diferentes dietas para o cultivo de *Z. indianus*.

2.6 Conclusões

Os dados evidenciam que a suplementação da dieta de *Z. indianus* com manipueira, produz larvas com maior teor proteico, sendo possível sua recomendação em planos alimentares que requeiram produtos ricos em proteína.

2.7 Referências

AGUIAR-MENEZES, E. L.; SOUZA, J. F.; SOUZA, S. A. S.; LEAL, M. R.; COSTA, J. R.; MENEZES, E. B. Armadilhas PET para captura de adultos de moscas-das-frutas em pomares comerciais e domésticos. **Embrapa Agrobiologia**, Rio de Janeiro, Circular Técnica n.º 16, p. 8, 2006.

ALMEIDA, S. R. M. SILVA, A. M.; LIMA, J. P.; ALMEIDA, A. M. M.; ZACHARIAS, F.; REGIS, U. O. Avaliação do potencial nutritivo da Manipueira na dieta de ovinos deslançados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 1434–1438. 2009.

AMOUD, M. A.; DIAB, F. M.; ABOU-FANNAH, S. S. M. The influence of low temperature on development, adult longevity and productivity of *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae). **Journal of King Saud University**, Riyadh, v. 5, n. 2, p. 263-274, 1993.

BOAVENTURA, D. D. **Desenvolvimento de *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae) em diferentes dietas**. Trabalho de Conclusão de curso - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2013.

CHENG, K.; SIMPSON, S.J.; RAUBENHEIMER, D. A Geometry of Regulatory Scaling. **American Naturalist**, Chicago, v. 72, p. 681-693, 2008.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S. Determinação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca do grupo seca e d'água. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 221-226, 2015.

COSTA, S. M. **Proteínas de larvas de *tenebrio molitor* (L., 1758):** extração, caracterização e aplicação num produto alimentar. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar), Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa, 2017.

COUTINHO-SILVA, R.D.; MONTES, M.A.; OLIVEIRA, G.F.; CARVALHO-NETO, F.G.; ROHDE, C.; GARCIA, A.C.L. Effects of seasonality on drosophilids (Insecta, Diptera) in the northern part of the Atlantic Forest, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, p. 1-11, 2017.

DE PAULA, T. M.; SILVA, M. R.; ARAUJO, S.; BORTOLOTTI, C V.; MEICHTRY, B.L.; ZEMOLIN, A. P. P; PRIGOL, M. High-Fat Diet Induces Oxidative Stress and MPK2 and HSP83 Gene Expression in *Drosophila melanogaster*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, Wisconsin, p. 23-30, 2016.

ECKER, A. Effects of sucrose consumption on metabolic, developmental and antioxidant parameters in *Drosophila melanogaster*: role of *Syzygium cumini* and *Bauhinia forficata* plants. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FAO. **Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development.** Roma, Itália, 2010. Disponível em:<<http://www.fao.org/3/a-i1380e.pdf>>. Acesso em 05 mai. 2019.

FAO/WUR. **Edible Insects Future Prospects for Food and Feed Security.** Roma, Itália, 2013. Disponível em:<<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2019.

FINKE, M. D. Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores. **Zoo Biology**, San Francisco, v. 21, p. 269–285, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2018.

JANSSON, A.; BERGGREN, A. **Insects as Food – Something for the Future? A report from Future Agriculture.** Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala, 2015.

LUERSEN, K.; RODER, T.; RIMBACH, G. *Drosophila melanogaster* in nutrition research – the importance of standardizing experimental diets. **Genes & Nutrition**, Roma, v. 14, p. 3, 2019.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, New York, v. 18 (1), p. 50-60, 1947. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1214/aoms/1177730491>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

MATAVELLI, C.; ZARA, F.J.; VON ZUBEN, C.J. Post-Embryonic development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). **Annals of the Entomological Society of America**, Oxford v. 106, p. 779-787, 2013.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 4ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011.

REIS, T. Effects of synthetic diets enriched in specific nutrients on drosophila development, body Fat, and lifespan. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 1, 2016.

RODRIGUES, M. A.; MARTINS, N. E.; BALANCE, L. F.; BROOM, L. N.; DIAS, A. J..S.; FERNANDES, A. S. D.; RODRIGUES, F.; SUCENA, E.; MIRTH, C. K. *Drosophila melanogaster* larvae make nutritional choices that minimize developmental time. **Journal of Insect Physiology**, Portici, v. 81, p. 69–80, 2015.

ROHDE, C.; SILVA, D. M. I DE O.; JUCÁ, J. C. L. DE A.; MONTE, M. A.; GARCIA, A. C. L. Espécies invasoras da Família *Drosophilidae* (Diptera Insecta) em ambientes da caatinga de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 7, p. 227-240, 2013.

ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar; artigo de revisão. **Contextos da Alimentação**, São Paulo, v. 4, p. 15-22, 2015.

SILVA, V. C.; OLIVEIRA, L. A.; LACERDA, M. DOS S. C.; PIMENTEL, L. A.; SANTOS, W. S.; MACEDO, J. T. S. A.; RIET-CORREA, F.; PEDROSO, P. M. O. Experimental poisoning by cassava wastewater in sheep. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37(11), p. 1241-1246, 2017.

SILVA, I. B. **Influência da umidade relativa sobre período de pupação, emergência, e longevidade dos adultos e resistência a diferentes tipos de estresse em larvas de *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2016.

SILVA, J.; SILVA, F. L. H.; FERREIRA, A. L. O.; SANTOS, S. F. M.; MEDEIROS, L. L.; SIMÕES, T. B.; DANTAS, A. D. N. caracterização físico-química da manipueira para a verificação do seu potencial como substrato em processos biotecnológicos. In: 11º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2015, p. 26.

SPANG, B. **Insects as food: assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*)**. Dissertação (Mestrado em Estudos Ambientais), The Evergreen State College, Olympia, 2013.

STEIN, C.P.; TEIXEIRA, E. P., NOVO, J. P. S. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae). **Entomotrópica**, Caracas, v. 18, n. 3, p. 219-221, 2003.

TATAR, M. The plate half-full: Status of research on the mechanisms of dietary restriction in *Drosophila melanogaster*. **Experimental Gerontology** , Gainesville, v. 39, p. 363-368, 2011.

TIDON, R.; LEITE, D.F.; LEÃO, B.F.D. Impact of the colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. **Biological Conservation**, Montpellier, v. 112, p.299–305, 2003.

VILELA, C. R., TEIXEIRA, E. P., STEIN, C. P. Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). In: Vilela EF, Zucchi RA, Cantor F. editores. **Histórico e Impacto das Pragas Introduzidas**. Ribeirão Preto (Brasil): Holos Editora, p. 48-52. 2000.

WEMANS, M. P. C. C. **Insetos comestíveis - Avaliação Nutricional de duas espécies comercializadas em Portugal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar Ramo de Processamento de Alimentos), Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que as larvas cultivadas em dieta suplementada com manipueira (LDSM) apresentaram uma quantidade de proteína 438% maior, quando comparadas às larvas cultivadas em dieta controle (LDC). A massa e o comprimento das LDSM foram 87% e 17%, respectivamente maiores, quando comparadas às LDC. Os casais cultivados em DSM, além de uma emergência 332% maior de adultos, também foi verificado um tempo de desenvolvimento médio 162% maior quando comparados aos adultos individualizados e cultivados em DC. Assim, a suplementação da dieta de *Z. indianus* com manipueira, viabiliza a produção de larvas como incremento proteico.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR-MENEZES, E. L.; SOUZA, J. F.; SOUZA, S. A. S.; LEAL, M. R.; COSTA, J. R.; MENEZES, E. B. Armadilhas PET para captura de adultos de moscas-das-frutas em pomares comerciais e domésticos. **Embrapa Agrobiologia**, Rio de Janeiro, Circular Técnica n.º 16, p. 8, 2006.
- ALMEIDA, S. R. M. SILVA, A. M.; LIMA, J. P.; ALMEIDA, A. M. M.; ZACHARIAS, F.; REGIS, U. O. Avaliação do potencial nutritivo da Manipueira na dieta de ovinos deslançados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 1434–1438. 2009.
- AMOUD, M. A.; DIAB, F. M.; ABOU-FANNAH, S. S. M. The influence of low temperature on development, adult longevity and productivity of *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae). **Journal of King Saud University**, Riyadh, v. 5, n. 2, p. 263-274, 1993.
- 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**, Durham, v.29, n.2, p.73-80, 2004.
- BENÍTEZ, I. Terramérica. **Barreiras ao mercado de insetos**, 2014. Disponível em: <http://www.ipsnoticias.net/portuguese/2013/07/ultimas-noticias/terramerica-barreiras-ao-mercado-de-insetos/>. Acesso em: 10 nov.2018.
- BOAVENTURA, D. D. **Desenvolvimento de *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae) em diferentes dietas**. Trabalho de Conclusão de curso - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2013.
- BRUNA, L. D. **Insetos para alimentar o mundo**. Observatórios Setor Agroalimentar. 2014. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/observatorios/agroalimentar/insetos-para-alimentar-o-mundo-1-21871-249818.shtml>. Acesso em: 10 dez. 2018.
- CASTRO, F. L.; VALENTE, V. L. S. *Zaprionus indianus* is invading Drosophilid communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 84, p. 15–17, 2001.
- CHENG, K.; SIMPSON, S.J.; RAUBENHEIMER, D. A Geometry of Regulatory Scaling. **American Naturalist**, Chicago, v. 72, p. 681-693, 2008.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S. Determinação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca do grupo seca e d'água. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 221-226, 2015.
- COSTA, S. M. **Proteínas de larvas de *tenebrio molitor* (L., 1758): extração, caracterização e aplicação num produto alimentar**. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar), Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa, 2017.
- COUTINHO-SILVA, R.D.; MONTES, M.A.; OLIVEIRA, G.F.; CARVALHO-NETO, F.G.; ROHDE, C.; GARCIA, A.C.L. Effects of seasonality on drosophilids (Insecta,

Diptera) in the northern part of the Atlantic Forest, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, p. 1-11, 2017.

CURY, G. C.; Mandioca. In: CASTRO, P. R. C. Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos. Piracicaba, São Paulo. **Agronomica Ceres**, Ouro Fino, p. 92-112, 2008.

ECKER, A. Effects of sucrose consumption on metabolic, developmental and antioxidant parameters in *Drosophila melanogaster*: role of *Syzygium cumini* and *Bauhinia forficata* plants. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FAO. **Forest insects as food**: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Roma, Itália, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i1380e.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2019.

FAO. **Dietary protein quality evaluation in human nutrition**. Relatório de Consulta de Especialistas da FAO, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa459317f06.pdf>. Acesso em: 06 maio 2019.

FAO/WUR. **Edible Insects Future Prospects for Food and Feed Security**. Roma, Itália, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2019.

FINKE, M. D. Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores. **Zoo Biology**, San Francisco, v. 21, p. 269–285, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 18 dez. 2018.

JANSSON, A.; BERGGREN, A. **Insects as Food – Something for the Future? A report from Future Agriculture**. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), 2015.

KACSOH, B. Z.; BOZLER, J.; SCHLENKE, T. A. A role for nematocytes in the cellular immune response of the Drosophilid *Zaprionus indianus*. **Parasitology**, Cambridge, p. 1-19, 2013.

LUERSEN, K.; Roder, T.; RIMBACH, G. *Drosophila melanogaster* in nutrition research – the importance of standardizing experimental diets. **Genes & Nutrition**, Roma, v. 14, p. 3, 2019.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, New York, v. 18 (1), p. 50-60, 1947. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1214/aoms/1177730491>. Acesso em: 27 jul. 2019.

MATAVELLI, C.; ZARA, F.J.; VON ZUBEN, C.J. Post-Embryonic development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). **Annals of the Entomological Society of America**, Oxford v. 106, p. 779-787, 2013.

MEDEIROS, H.F., MARTINS, M.B. & DAVID, J.R. The extension of the geographic range of *Drosophila malerkotliana* on the American continent. **Drosophila Information Service**, Norman v. 86, p. 89–92, 2003.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 4. ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011.

OLIVEIRA, H. G. **Dinâmica populacional de *Zaprionus indianus* (Gupta, 1970) (Diptera: Drosophilidae) sob condições experimentais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

OLIVEIRA, G.F; ROHDE, C., GARCIA, A.C.L., MONTES, M.A.; VALENTE, V.L.S. Contributions of dryland Forest (Caatinga) to species composition, richness and diversity of Drosophilidae. **Neotropical Entomology**, Santo Antônio de Goiás v. 45, p. 537–547, 2016.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Yokohama v.56, p.517-526. 2004.

OONINCX, D. G. A. B.; VAN ITTERBEECK, J.; HEETKAMP, M. J. W.; VAN DEN BRAND, H.; VAN LOON, J. J. A.; VAN HUIS, A. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 5, p. 56-67, 2010.

REIS, T. Effects of synthetic diets enriched in specific nutrients on drosophila development, body Fat, and lifespan. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 1, 2016.

RODRIGUES, M. A.; MARTINS, N. E.; BALANCE, L. F.; BROOM, L. N.; DIAS, A. J..S.; FERNANDES, A. S. D.; RODRIGUES, F.; SUCENA, E.; MIRTH, C. K. *Drosophila melanogaster* larvae make nutritional choices that minimize developmental time. **Journal of Insect Physiology**, Portici, v. 81, p. 69–80, 2015.

ROHDE, C.; SILVA, D. M. I DE O.; JUCÁ, J. C. L. DE A.; MONTE, M. A.; GARCIA, A. C. L. Espécies invasoras da Família *Drosophilidae* (Diptera Insecta) em ambientes da caatinga de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 7, p. 227-240, 2013.

ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar; artigo de revisão. **Contextos da Alimentação**, São Paulo, v. 4, p. 15-22, 2015.

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 Northeast Region of Brazil by the drosophilid flies *Drosophila malerkotliana* and *Zaprionus indianus*, a new potential insect pest for Brazilian fruitculture. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 86, p. 92–95, 2003.

SILVA, V. C.; OLIVEIRA, L. A.; LACERDA, M. DOS S. C.; PIMENTEL, L. A.; SANTOS, W. S.; MACEDO, J. T. S. A.; RIET-CORREA, F.; PEDROSO, P. M. O. Experimental Poisoning by cassava wastewater in sheep. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 11, p. 1241-1246, 2017.

SILVA, I. B. **Influência da umidade relativa sobre período de pupação, emergência, e longevidade dos adultos e resistência a diferentes tipos de estresse em larvas de *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae)**. 2016. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2016.

SILVA, J.; SILVA, F. L. H.; FERREIRA, A. L. O.; SANTOS, S. F. M.; MEDEIROS, L. L.; SIMÕES, T. B.; DANTAS, A. D. N. caracterização físico-química da manipueira para a verificação do seu potencial como substrato em processos biotecnológicos. In: 11º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2015, p. 26.

SPANG, B. **Insects as food: assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*)**. Dissertação (Master of Environmental Studies), The Evergreen State College, Olympia, 2013.

STEIN, C.P.; TEIXEIRA, E. P., NOVO, J. P. S. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae). **Entomotrópica**, Caracas, v. 18, n. 3, p. 219-221, 2003.

TATAR, M. The plate half-full: Status of research on the mechanisms of dietary restriction in *Drosophila melanogaster*. **Experimental Gerontology**, Gainesville, v. 39, p. 363-368, 2011.

TIDON, R.; LEITE, D.F.; LEÃO, B.F.D. Impact of the colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. **Biological Conservation**, Montpellier, v. 112, p.299–305, 2003.

TIDON, R.; ROQUE, F.; MATA, R.A. Temporal and vertical drosophilid (Insecta; Diptera) assemblage fluctuations in a neotropical gallery Forest. **Biodiversity and Conservation**, Surrey, v. 22, p. 657-672, 2013.

VAN DER LINDE, K.; STECK, G. J.; HIBBARD, K. First records of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae), a pest species on commercial fruits from Panama and the United States of America. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 89, p. 402–404, 2006.

VON ZUBEN, C. J. **Insetos comestíveis: uma alternativa de alimento para o futuro?** Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências. UNESP: Rio Claro, 2011. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/biosferas/0037.php>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

VILELA, C. R., TEIXEIRA, E. P., STEIN, C. P. Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. **Histórico e Impacto das Pragas Introduzidas**. Ribeirão Preto (Brasil): Holos Editora, 2000.

WOSIACKI, G; CEREDA, M. Valorização dos resíduos do processamento de mandioca. **Publication UEPG : Ciências Exatas e da Terra**, Ponta Grossa, v. 8, n. 1, p. 27-43, 2002.

WEMANS, M. P. C. C. **Insetos comestíveis - Avaliação Nutricional de duas espécies comercializadas em Portugal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar Ramo de Processamento de Alimentos), Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2015.