

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

*CAMPUS* LAGOA DO SINO

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Lucas Previtali Ferraz

**INSETOS COMESTÍVEIS COMO FONTE PROTEICA ALTERNATIVA**

Buri

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

*CAMPUS* LAGOA DO SINO

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Lucas Previtali Ferraz

## **INSETOS COMESTÍVEIS COMO FONTE PROTEICA ALTERNATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de São Carlos.

Orientador: Prof. Dr. Moysés Naves de Moraes

Buri

2021

Lucas, Previtali Ferraz

Insetos comestíveis como fonte proteica alternativa /  
Previtali Ferraz Lucas -- 2021.  
51f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,  
campus Lagoa do Sino, Buri  
Orientador (a): Moysés Naves de Moraes  
Banca Examinadora: Janaína Teles de Faria, Gustavo das  
Graças Pereira  
Bibliografia

1. Entomofagia. 2. Proteína alternativa. 3. Proteína de  
inseto. I. Lucas, Previtali Ferraz. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**LUCAS PREVITALI FERRAZ**

INSETOS COMESTÍVEIS COMO FONTE PROTEICA ALTERNATIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de São Carlos. Buri, 23 de abril de 2021.

Orientador



Documento assinado digitalmente

Moyses Naves de Moraes  
Data: 24/04/2021 16:49:52-0300  
CPF: 946.407.001-30

---

Dr. Moysés Naves de Moraes

Universidade Federal de São Carlos / CCN

Examinadora



Documento assinado digitalmente

Janaína Teles de Faria  
Data: 24/04/2021 15:57:18-0300  
CPF: 076.030.626-59

---

Dra. Janaína Teles de Faria

Universidade Federal de Minas Gerais / ICA

Examinador



Documento assinado digitalmente

Gustavo das Graças Pereira  
Data: 27/04/2021 15:07:26-0300  
CPF: 062.728.586-47

---

Dr. Gustavo das Graças Pereira

Universidade Federal de São Carlos / CCN

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Jesus Cristo, que sustenta todas as coisas pela palavra de seu poder.

Agradeço à minha família pelo apoio durante toda a graduação. Sobretudo aos meus avós Victor e Clícia, sem os quais a graduação não seria sequer possível.

Agradeço ao professor Moysés Naves de Moraes pelos muitos ensinamentos durante a graduação e iniciação científica, sempre visando formar recurso humano. Também o agradeço pela orientação e por me introduzir ao tema deste trabalho.

Agradeço a banca examinadora, o professor Gustavo das Graças Pereira e a professora Janaína Teles de Faria pelas correções e avaliações do trabalho.

Agradeço às boas amizades que fiz durante a graduação: Carlos, Fellipi, Kaio e muitos outros que passaram pela minha vida nesses anos. Guardo as inúmeras boas memórias.

## RESUMO

Em 30 anos estima-se um crescimento considerável da população mundial e da demanda por alimentos, que pode não ser suficientemente suprida com sustentabilidade. As proteínas de insetos comestíveis vêm sendo estudadas com mais interesse nas últimas décadas como fonte proteica alternativa potencial para contribuir no atendimento de tal demanda, seja na alimentação animal ou humana. É considerada mais sustentável, sendo possível produzi-la em sistemas com menor emissão de gases relacionados ao efeito estufa e utilização de terras. Além disso, do ponto de vista nutricional, apresenta qualidade comparável às proteínas de fontes convencionais quanto à presença de aminoácidos essenciais. De acordo com dados científicos consultados, proteínas de insetos avaliadas em determinadas formas de preparo e condições de processo também apresentaram propriedades tecnofuncionais comparáveis às de proteínas amplamente empregadas em alimentos. Produtos elaborados com substituição parcial de proteínas convencionais pelas de insetos, através do uso de farinhas ou concentrados proteicos, podem ser viáveis para melhorar a aceitação e adoção dessa nova fonte proteica por parte dos consumidores ocidentais. Atualmente, os insetos comestíveis estão enquadrados na categoria de novos alimentos pelas legislações ocidentais, sendo necessária autorização e comprovação de segurança prévias. Isso tende a mudar à medida que essa fonte emergente ganha notoriedade e relevância nesses mercados.

FERRAZ, Lucas Previtali. **Insetos comestíveis como fonte proteica alternativa**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2021.

Palavras-chave: Entomofagia. Proteína alternativa. Proteína de inseto.

## **ABSTRACT**

The world population and demand for food are expected to have considerable growth in the next 30 years. In such case, the food could not be sufficiently supplied with sustainability. Therefore, edible insect proteins have been studied with more interest in the last years as a potential alternative source of protein to help meet such demand as food or feed. This kind of protein is more sustainable because it can be produced in small areas and systems with low emissions of greenhouse effect gases. Based on the nutritional aspect, insect proteins have a quality similar to conventional proteins in terms of essential amino acids. According to scientific data compilation, these proteins used in several preparation forms and process conditions show properties comparable with those of proteins widely used for functional purposes in food. Products prepared with partial replacement of conventional proteins by insects using flours or protein concentrates may be interesting to improve the acceptance and adoption of this novel protein source in the diet by Western consumers. Currently, insects as food are considered in the category of novel foods by western legislation, requiring prior authorization and proof of safety. This tends to change as this emerging source gains notoriety and relevance in these markets.

Keywords: Entomophagy. Alternative protein. Insect Protein.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição geográfica das espécies de insetos comestíveis.....	15
Figura 2 – Produção de insetos comestíveis e presença na cozinha moderna.....	18
Figura 3 – Composição em aminoácidos essenciais de alguns insetos comestíveis e a recomendação de consumo da OMS.....	24
Figura 4 – Diagrama de fluxo do processamento de concentrados proteicos de insetos comestíveis.....	26



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Insetos mais consumidos, sua classificação em ordem, representação de consumo e teor proteico médio.....16

Tabela 2 – Quantitativo de publicações científicas relacionadas aos termos "edible insect" ou "insect protein" nos últimos anos.....17

Tabela 3 - Propriedades tecno-funcionais de proteínas de alguns insetos estudados.....30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 RECENTE E CRESCENTE INTERESSE NA ENTOMOFAGIA .....	15
2.2 SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE INSETOS ..	19
<b>2.2.1. Emissão de gases do efeito estufa</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.2. Eficiência de conversão de alimento</b> .....	<b>21</b>
2.3. COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DAS PROTEÍNAS DE INSETOS .....	22
<b>2.3.1. Composição proteica</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3.2. Composição em aminoácidos</b> .....	<b>23</b>
2.4. ASPECTOS TECNOLÓGICOS E FUNCIONAIS.....	25
<b>2.4.1 Farinhas e concentrados proteicos</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.2 Propriedades tecno-funcionais das proteínas de insetos</b> .....	<b>27</b>
2.5. ACEITAÇÃO DOS CONSUMIDORES .....	31
2.6. ASPECTOS REGULATÓRIOS .....	32
2.7. SEGURANÇA DO ALIMENTO .....	34
<b>2.7.1. Contaminação microbiológica</b> .....	<b>34</b>
<b>2.7.2. Alergênicos</b> .....	<b>36</b>
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os maiores desafios da humanidade nas próximas décadas estão o atendimento da demanda alimentar devido ao crescimento populacional, estratégias de mitigação da fome, garantia da segurança alimentar e mudanças climáticas, bem como a promoção da sustentabilidade dos recursos naturais. Estima-se que, em 2050, a população terá aumentado em 32 %, em relação aos dias atuais, e, assim, a demanda de alimentos também aumentará consideravelmente (FAO, 2018). Além disso, em três décadas, espera-se que dois terços da população passem a viver em regiões urbanas e com maior renda, o que influenciará na qualidade da alimentação, sobretudo no que diz respeito ao consumo de proteína animal (FAO, 2018; CLAYTON et al, 2018), quando as fontes proteicas convencionais poderão não ser suficientes para atender a demanda global futura (VAN HUIS et al., 2013; ZIELINSKA et al., 2015).

A produção das matérias primas proteicas convencionais, principalmente as advindas da pecuária, é reconhecida como uma das responsáveis pela produção e emissão de gases relacionados ao aquecimento global, como o metano gerado na fermentação entérica e no armazenamento de esterco, e o óxido nitroso, proveniente do uso de fertilizantes (GROSSI et al., 2019). Ademais, destacam-se ainda o considerável uso da terra, em função do tipo de manejo adotado, o que pode estar associado a questões de desmatamento e redução de terras agriculturáveis (STEINFELD, et al., 2006; GERBER et al., 2013). Também vale destacar que a produção e processamento de ração, responsável por 3,2 gigatoneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> (GERBER et al., 2013).

Nesse contexto há uma recente e crescente demanda por fontes proteicas alternativas, como as proteínas vegetais e de insetos, fontes que causam menos impacto ao ambiente e que auxiliam na preservação dos recursos naturais e na redução das mudanças climáticas (FASOLIN et al., 2019). Além das vantagens do ponto de vista climático-ambiental, tais proteínas apresentam ainda características nutricionais interessantes, que incluem elevada qualidade biológica, bem como propriedades tecnológicas, o que viabiliza sua utilização na indústria de alimentos. Assim, acredita-se que essas fontes alternativas podem contribuir para o atendimento

da demanda alimentar futura e de forma mais sustentável (VAN HUIS et al., 2013; DAY, 2013; DE CASTRO et al. 2018).

A entomofagia, ingestão de insetos para alimentação humana, é prática consolidada há séculos em países da Ásia, África, América Latina e Oceania, sendo empregada para obtenção de nutriente proteico e calórico, mas também influenciada por fatores culturais (BUKKENS, 1997; COSTA-NETO; DUNKEL, 2016). Apesar de ser vista como uma prática alimentar exótica e de baixa aceitação no Ocidente, a entomofagia vem ganhando notoriedade nos últimos anos, sobretudo no âmbito da pesquisa, no que diz respeito à potencial utilização de matérias primas à base de insetos como substituta das matérias primas de fontes convencionais para elaboração de produtos alimentícios (AKULLO et al., 2017; AZZOLLINI et al., 2018; OSIMANI et al., 2018; SMETANA et al., 2018; DOYEN; GRAVEL, 2019).

Diante do exposto, nesta revisão pretende-se apresentar o potencial da proteína de inseto como alternativa às proteínas convencionais na elaboração de ingredientes e produtos alimentícios para consumo humano. Será discutido, a princípio, a sustentabilidade dos sistemas de produção de insetos em comparação à pecuária convencional, tendo em vista a relevância ambiental para o futuro. Em seguida, será dada ênfase à qualidade das proteínas de insetos no que tange às características nutricionais e tecno-funcionais, que as tornam industrialmente interessantes e viáveis como ingrediente alimentício. Por fim, serão abordados aspectos regulatórios, de segurança e de aceitação dos consumidores, considerados ainda barreiras para promoção dessa nova fonte proteica.

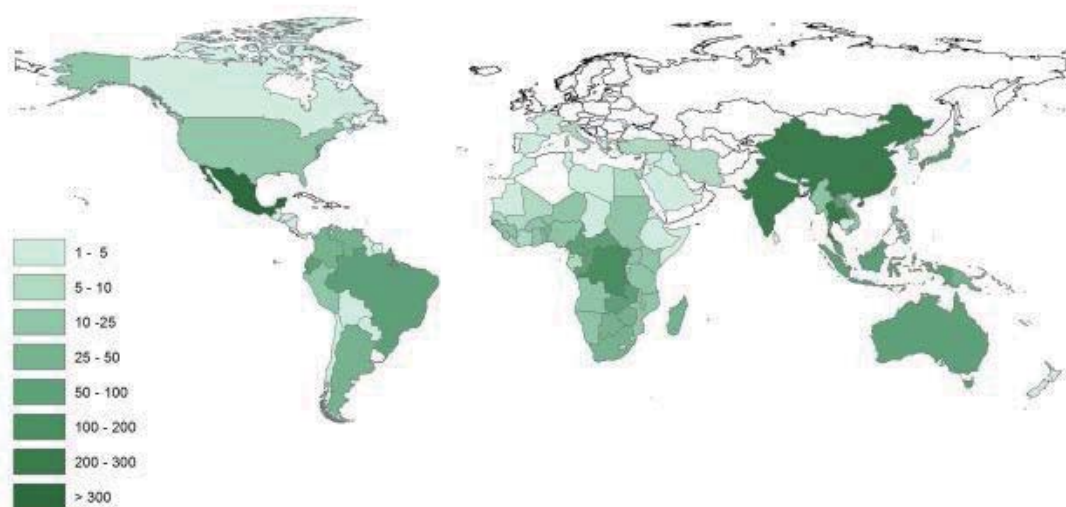
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RECENTE E CRESCENTE INTERESSE NA ENTOMOFAGIA

O uso de insetos na alimentação humana, conhecido como entomofagia, é uma prática comum em muitas sociedades de várias regiões do planeta desde a antiguidade (COSTA-NETO; DUNKEL, 2016). Povos da África, América Latina e Ásia desenvolveram técnicas de coleta e produção de insetos para alimentação e têm esses como importante aporte nutricional, sobretudo proteico, em suas dietas (WILLIAMS et al., 2016; BUKKENS, 1997).

Atualmente, populações em cerca de 110 países consomem insetos como elemento essencial em sua dieta, sendo estimado que a entomofagia é praticada regularmente por pelo menos 2 bilhões de pessoas no mundo (JONGEMA, 2017). Na Figura 1 é apresentada a distribuição geográfica das espécies de insetos comestíveis conhecidas e compiladas por Jongema (2017). México, República Democrática do Congo, China e Tailândia destacam-se não somente pela elevada quantidade de espécies, mas também pelo consumo humano, evidenciando a entomofagia como prática comum de diversos povos de vários continentes (VAN HUIS et al., 2013). A diversidade de espécies comestíveis e o clima favorável tornam o Brasil um potencial produtor de insetos.

**Figura 1** - Distribuição geográfica das espécies de insetos comestíveis



Fonte: adaptado de Jongema (2017)

Há mais de 2.000 espécies de insetos considerados comestíveis, sendo as principais pertencentes às ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera, Isoptera, Odonata e Diptera, conforme Tabela 1, na qual são destacados o percentual de consumo e o teor proteico médio por ordem. Destaca-se a larva-da-farinha (*Tenebrio molitor* - Coleoptera), a mosca soldado-negro (*Hermetia illucens* – Diptera) e espécies de grilos e gafanhotos (Orthoptera) como promissoras espécies para produção em larga escala. Ainda dentro da mesma espécie, o consumo se dá também em função do estágio de desenvolvimento do inseto. Por exemplo, *Tenebrio molitor* é mais consumido em seu estágio larval, enquanto grilos e gafanhotos são consumidos na fase adulta (ROOS, 2018).

**Tabela 1** - Insetos mais consumidos, sua classificação em ordem, representação de consumo e teor proteico médio.

Inseto	Classificação (ordem)	Representação de consumo (%)	Teor proteico médio (%)
Besouros e suas larvas	Coleoptera	31	40,69
Lagartas, borboletas e mariposas	Lepidoptera	18	45,38
Abelhas, vespas e formigas	Hymenoptera	14	46,47
Gafanhotos, louva-deus e grilos	Orthoptera	13	61,32
Cigarras, percevejos, cochonilhas	Hemiptera	10	48,33
Cupins	Isoptera	3	35,34
Libélulas	Odonata	3	55,23
Moscas	Diptera	2	49,48
Outros	Outros	6	-

Fonte: (JONGEMA, 2017; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

Observa-se um interesse crescente em insetos comestíveis para alimentação humana e animal nas últimas décadas. A busca pelo termo “edible insect” em um portal que tem os bancos de dados do Web of Science, Scopus, Springer, Wiley Online Library e Taylor & Francis, em 09 de abril de 2021, forneceu os resultados apresentados na Tabela 2 para trabalhos científicos nos últimos 2, 5, 10 e 20 anos. O

número de estudos na área nos últimos 5 anos representa quase 50% do total das últimas duas décadas, enquanto só nos últimos 2 anos a produção científica corresponde a quase 25 % do total reportado nos últimos 20 anos. Assim como relatado por Oonincx et al. (2015), há um maior interesse na área de insetos comestíveis nos últimos 10 anos. Ademais, quando a pesquisa foi realizada apenas com o termo “insect protein”, observa-se também uma quantidade considerável de publicações nos últimos 5 anos, apesar do termo mais generalista.

**Tabela 2** - Quantitativo de publicações científicas relacionadas aos termos "*edible insect*" ou "*insect protein*" nos últimos anos.

Últimos anos	Termo de pesquisa	Número de publicações (percentual em relação ao total dos últimos 20 anos)
2	<i>insect protein</i>	17.729 (15 %)
	<i>edible insect</i>	1.881 (24 %)
5	<i>insect protein</i>	40.564 (35 %)
	<i>edible insect</i>	3.732 (47 %)
10	<i>insect protein</i>	78.220 (67 %)
	<i>edible insect</i>	6.277 (79 %)
20	<i>insect protein</i>	116.626 (100 %)
	<i>edible insect</i>	7.952 (100 %)

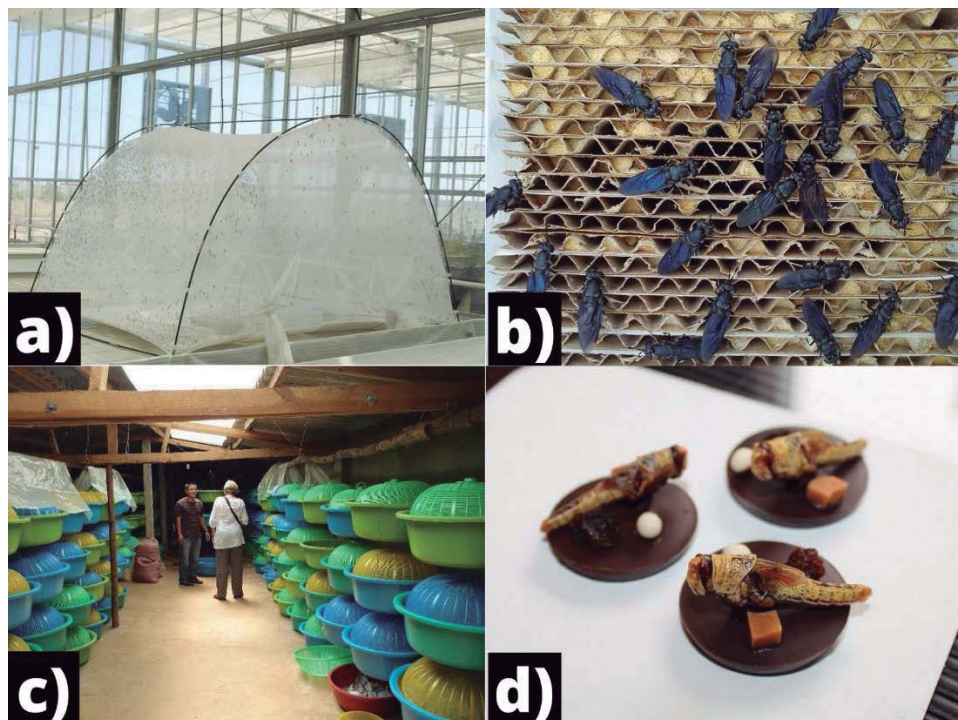
Fonte: Periódicos CAPES. Acesso em: abr. 2021.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO – *Food and Agriculture Organization*) em colaboração com o Laboratório de Entomologia da Universidade de Wageningen na Holanda desenvolveram, em 2013, um documento com objetivo de apresentar vários aspectos do potencial e dos desafios da área de insetos comestíveis como alimento humano e animal e sua contribuição para a segurança alimentar (VAN HUIS et al., 2013). Essa publicação ajudou a impulsionar o interesse de pesquisadores e empreendedores sobre o assunto (DUNKEL; PAYNE, 2016).

Apesar de muitas das fazendas de insetos comestíveis existentes hoje serem direcionadas para a alimentação animal (*pets*, aquacultura e zoológicos) e laboratórios de pesquisa, há também um número crescente de empresas ocidentais produzindo insetos para consumo humano (VAN HUIS et al., 2013; DOSSEY, 2016). O diretório de partes interessadas disponível na seção de insetos comestíveis no *website* da FAO (FAO, 2021b), mostra a distribuição global de entidades de pesquisa, setor privado, governamentais, ONGs, organizações intergovernamentais e de mídia voltados para esse tema. Em março de 2021, aproximadamente 50%, 21% e 14% dessas partes interessadas se encontravam na Europa, América do Norte e na Ásia, respectivamente (FAO, 2021b). Esse diretório é constantemente atualizado assim que mais partes interessadas são incluídas.

Na Figura 1 são mostradas diferentes técnicas de criação de insetos comestíveis: mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) na Espanha e grilos no Vietnã, bem como uma sobremesa da cozinha moderna suíça decorada com gafanhotos inteiros para consumo.

**Figura 2** - Produção de insetos comestíveis e presença na cozinha moderna: a) Produção de mosca soldado-negro (Espanha); b) Mosca soldado-negro (Espanha) c) Fazenda de grilos (Vietnã); d) Gafanhotos com chocolate (Suíça).



Fonte: (FAO, 2021a).



No contexto da produção de insetos para fins alimentícios, aspectos como a sustentabilidade dos sistemas de produção de insetos e a qualidade nutricional e tecno-funcional das proteínas se enquadram como potencialidades. Por outro lado, aspectos de segurança dos alimentos derivados ou elaborados com insetos, processamento em larga escala, falta de legislação específica e padronização e aceitação dos consumidores ocidentais são considerados como obstáculos a serem superados para promoção e desenvolvimento desse mercado emergente (VAN HUIS et al., 2013; DOBERMAN, SWIFT; FIELD, 2017; GRAVEL; DOYEN, 2019).

## 2.2 SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE INSETOS

A sustentabilidade da produção das fontes proteicas convencionais, majoritariamente de origem animal, vem sendo discutida (STEINFELD et al., 2006; GERBER et al., 2013; GROSSI et al., 2019). Sabe-se que a pecuária, em geral, está relacionada com impactos ambientais decorrentes de emissão direta e indireta de gases do efeito estufa, elevada utilização de terra para pastagem e produção de alimento para o animal, além de utilização de água (STEINFELD et al., 2006).

O aumento populacional e, conseqüentemente, da demanda por proteínas de fontes convencionais promove uma expectativa de agravamento desses impactos ambientais, tendo ainda em vista a limitação de terras propícias à agricultura. Isso tem impulsionado a busca por fontes proteicas alternativas mais sustentáveis, como os insetos (VAN HUIS, 2015). Saber quão mais sustentável e menos danosa ao ambiente é a produção de insetos é um tópico que tem recebido atenção na última década (OONINCX, et al. 2010; ABBASI; ABBASI; ABBASI, 2015; OONINCX et al., 2015; GAHUKAR, 2016; SMETANA et al., 2016).

### 2.2.1. Emissão de gases do efeito estufa

A emissão de gases do efeito estufa é reconhecida como um aspecto ambiental relacionado às mudanças climáticas. Dentre os principais gases dessa categoria estão o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), os quais estão presentes em diversos processos na cadeia produtiva, como produção e transporte do alimento animal, manejo dos rejeitos e da fermentação entérica do rebanho, no caso dos ruminantes (GROSSI et al., 2019). A pecuária de grande escala está, assim,

entre as atividades humanas que contribuem de forma significativa para as mudanças climáticas, chegando a ser responsável por 18% das emissões antropogênicas (GROSSI et al., 2019). Além do metano e do óxido nitroso, a pecuária também está associada à emissão de amônia (NH<sub>3</sub>) através dos rejeitos dos animais, a qual está associada à acidificação do solo (AARNINK, et al., 1995).

Oonincx et al. (2010) verificaram que a produção de insetos causa menor impacto ambiental no que tange à emissão de gases do efeito estufa e pode ser considerada uma alternativa mais viável ambientalmente. Os autores, neste estudo, mensuraram a emissão de gases, em equivalentes de CO<sub>2</sub>, por ganho de massa animal com objetivo de comparar as cinco espécies estudadas, sendo três delas (*T. molitor*, *Acheta domesticus* e *Locusta migratoria*) direcionadas para consumo humano. As estimativas de emissão também foram comparadas com as de espécies da pecuária convencional, como suínos e bovinos. As emissões das produções de insetos foram inferiores às associadas à produção de suínos e correspondentes a 1 % das emissões conhecidas para ruminantes. Resultado similar foi observado para a produção e emissão de amônia (OONINCX et al., 2010).

Halloran et al. (2017) conduziram, na Tailândia, uma avaliação de impactos ambientais em todo o ciclo de vida de duas espécies de grilos, incluindo a análise da contribuição para mudanças climáticas em termos de emissão de gases poluentes. Os autores reverificaram uma menor contribuição para mudanças climáticas, ao comparar o sistema de produção de tais espécies com a produção local de aves de corte, em quase todas as modalidades de impacto avaliadas (HALLORAN, et al., 2017).

Entretanto, é importante destacar que algumas espécies de insetos apresentam bactérias metanogênicas no seu trato intestinal, o que pode resultar em emissões consideráveis de metano (HALLORAN et al., 2016). Jamali et al (2011) citam os cupins como insetos produtores de metano e com capacidade de emissões significativas desse gás. Outras espécies como baratas e besouros escaravelhos também são conhecidas por apresentarem bactérias metanogênicas (HACKSTEIN; STUMM, 1994). Halloran et al. (2018) pontuaram, ainda, que a forma de alimentação dos insetos pode ser fator importante na emissão de metano. Segundo os pesquisadores, dietas ricas em proteínas tendem a reduzir as emissões, enquanto alimentação com maior teor de celulose, como gramíneas e outras plantas pode agravar esse impacto (HALLORAN et al., 2018).

### 2.2.2. Eficiência de conversão de alimento

Um outro indicador de grande relevância na avaliação da sustentabilidade de um sistema de produção animal é o tipo e a quantidade de alimento utilizado. Conhecer a eficiência de conversão da alimentação animal em proteína para consumo humano pode ser um indicador importante para análise do impacto ambiental de determinado sistema de produção (DE VRIES; DE BOER, 2010). Os insetos apresentam resultados interessantes a respeito desse indicador, o que fortalece seu potencial como uma fonte menos agressiva ao ambiente (PREMELATHA et al, 2011; LOOY; DUNKEL; WOOD, 2014). A eficiência de conversão de alimento depende da espécie do inseto e da dieta aplicada, sobretudo da composição desta (OONINCX et al., 2015; DE VRIES; DE BOER, 2010; SMETANA, 2016).

Oonincx et al. (2015) realizaram um estudo com quatro espécies de insetos, *Blaptica dubia* (barata de madeira argentina), *Hermetia illucens* (mosca soldado-negro), *Tenebrio molitor* (larva-da-farinha) e *Acheta domesticus* (grilo doméstico), com o objetivo de avaliar a eficiência da conversão de ração (alimentação) em produto final para diferentes dietas oferecidas. Alguns tratamentos consistiram em dietas elaboradas com resíduos agroindustriais que, se utilizados, aumentariam a sustentabilidade desses sistemas. A barata e a mosca, empregadas na alimentação animal, apresentaram maiores eficiências de conversão de alimento, até mesmo em comparação com a pecuária convencional. As larvas e grilos alcançaram valores considerados eficientes com a alimentação controle e apresentaram valores próximos aos de suínos e aves com dietas elaboradas com resíduos e subprodutos agroindustriais (OONINCX et al., 2015).

A utilização de subprodutos e resíduos orgânicos de baixo valor na criação de insetos é um dos aspectos mais promissores destes como alimento animal, visto que algumas espécies, como mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) e larva-da-farinha (*Tenebrio molitor*), foram identificadas como eficientes nesse sentido (VAN HUIS et al., 2013). No momento, entretanto, este procedimento não é permitido legalmente e ainda vem sendo estudado para que sejam bem conhecidos os riscos envolvidos (VAN HUIS et al., 2013).

Em termos de eficiência energética, tem-se que insetos são poiquilotérmicos, ou seja, não utilizam a alimentação como fonte de energia para manutenção da temperatura corporal, o que implica menor necessidade de alimentação, mas, por

outro lado, requer manutenção da temperatura do ambiente de produção, aumentando o consumo energético desses sistemas (VAN HUIS; OONINCX, 2017; SMETANA et al., 2016).

## 2.3. COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DAS PROTEÍNAS DE INSETOS

### 2.3.1. Composição proteica

A composição nutricional dos insetos comestíveis varia bastante em função da grande diversidade de espécies utilizadas para este fim. Até mesmo dentro da mesma espécie é possível perceber variações de composição entre os estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adulto), e também entre o habitat e dieta dos indivíduos (VAN HUIS et al., 2013). No geral, entretanto, os insetos são reconhecidos como uma fonte alimentar capaz de fornecer proteínas, lipídeos e micronutrientes, como vitaminas e minerais (ROOS, 2018). A qualidade dos macronutrientes em termos de aminoácidos essenciais e ácidos graxos poli-insaturados também chama a atenção (RUMPOLD; SCHÜTER, 2013).

Nos insetos, as proteínas representam, em termos nutricionais, o principal componente. É o macronutriente majoritário das espécies no estágio adulto, mas também é considerável enquanto larvas (WILLIAMS et al., 2016). Alguns autores reportaram teores de proteínas (em base seca) em uma gama de insetos comestíveis, sendo encontradas faixas que variam de 40 a 70 % (ROOS, 2018), 21 a 80 % (BUKKENS, 1997) e 13 a 77% (XIAOMING et al., 2010).

Rumpold e Schlüter (2013) reportaram teores médios em base seca de 35,34 % para a ordem Isoptera (cupins), 40,69 % para Coleoptera (besouros), 45,38 % para Lepidoptera (borboletas e mariposas), 46,47 % para Hymenoptera (formigas e abelhas) e até 61,32% para Orthoptera (grilos e gafanhotos), conforme apresentado na Tabela 1. A variação do conteúdo proteico dentre as espécies da mesma ordem pode ser observada com a variação de 8,85 a 71,10 % para a ordem Coleoptera. O maior teor observado foi de 77,13 % para *Melanoplis mexicanus* (Orthoptera) (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

Zielinska et al. (2015) avaliaram o valor nutricional de três espécies de insetos comestíveis e observaram teor proteico de 70 % para *G. sigillatus* (Orthoptera), 52,35

% para *T. molitor* (Coleoptera) e 76 % para *S. gregaria* (Orthoptera). O conteúdo e qualidade em aminoácidos de ambas as espécies apresentaram resultados interessantes em termos de aminoácidos essenciais (ZIELINSKA et al., 2015).

Para a espécie *T. molitor* (Coleoptera) foram encontrados também resultados de 49,43 % de proteína (FINKE, 2007) para o estágio larval, enquanto para a fase adulta do inseto observou-se um teor de 65,29 % (FINKE, 2002). Tais resultados corroboram com a diferença do teor proteico em função do estágio de desenvolvimento do inseto. Em geral, larvas apresentam menor conteúdo proteico e mais lipídios, o que pode ser confirmado nos resultados de 134 g/kg de lipídios para as larvas e 54 g/kg para o estágio adulto de *T. molitor* (FINKE, 2002). Para a espécie *Rhynchophorus phoenicis* (Coleoptera), um dos principais besouros comestíveis (BUKKENS, 1997), foram encontrados teores de proteína de 25,70 % para as larvas e 35,57 % para os adultos (OPARA et al., 2012).

Grande parte dos insetos comestíveis das ordens supracitadas, sobretudo Orthoptera, são fontes proteicas interessantes, visto apresentarem conteúdo proteico próximo ou maior que alguns vegetais como a soja, cuja farinha apresenta 36 % de proteína (NEPA, 2011; RUMPOLD; SCHÜTER, 2013). Importante considerar, entretanto, que o aporte proteico estará vinculado à quantidade consumida.

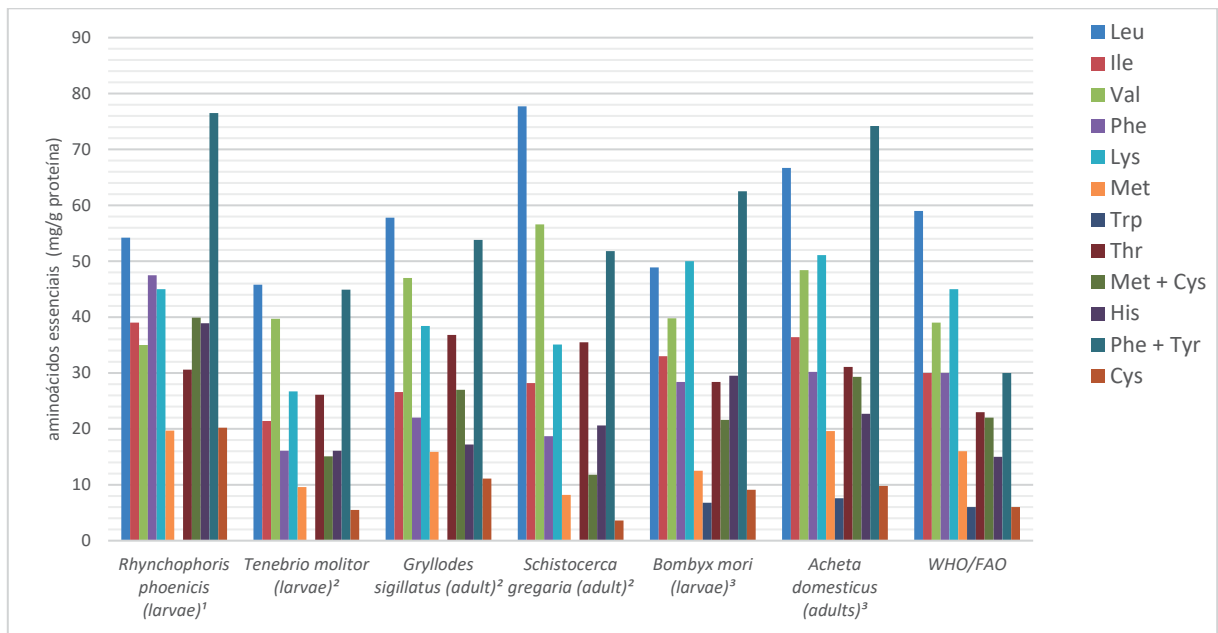
### 2.3.2. Composição em aminoácidos

Além do teor proteico, outro aspecto relevante está associado à composição de aminoácidos das proteínas presentes. Em geral, o perfil de aminoácidos das proteínas de insetos é considerado favorável à nutrição humana no que diz respeito à presença de todos os aminoácidos essenciais (ROOS, 2018; WILLIAMS, 2016; ZIELINSKA et al., 2015; KOURIMSKA; ADAMKOVA, 2016).

Zielinska et al. (2015) avaliaram o conteúdo e qualidade em aminoácidos das proteínas das três espécies *G. sigillatus* (Orthoptera), *T. molitor* (Coleoptera) e *S. gregaria* (Orthoptera). Observaram-se resultados interessantes em termos dos aminoácidos essenciais treonina, valina e histidina, os quais apresentaram valores (mg/g proteína) maiores que os estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde para consumo diário de um adulto (OMS, 2007). Na Figura 2 são apresentados estes resultados e de outros insetos comestíveis em mg de aminoácidos essenciais por g

de proteína em comparação com as recomendações da OMS (2007) (ONYEIKE; AYALOGU; OKARAONYE, 2005; FINKE, 2007; ZIELINSKA et al., 2015).

**Figura 3** – Composição em aminoácidos essenciais de alguns insetos comestíveis e a recomendação de consumo da OMS. Leu, leucina; Ile, isoleucina; Val, valina; Phe, fenilalanina; Lys, lisina; Met, metionina; Trp, triptofano; Thr, treonina; Cys, cisteína; Tyr, tirosina; His, histidina.



Fonte: <sup>1</sup>ONYEIKE; AYALOGU; OKARAONYE, 2005; <sup>3</sup>FINKE, 2007; <sup>2</sup>ZIELINSKA et al., 2015; OMS, 2007.

Yi, et al. (2013) reportaram que larvas de *A. diaperinus*, *T. molitor* e *Z. morio* contêm todos os aminoácidos essenciais e que a soma do total de aminoácidos essenciais foi comparável à de proteína de soja e pouco inferior à de caseína.

Isso evidencia que, apesar das proteínas de origem vegetal também chamarem a atenção como alternativas às convencionais, as proteínas de insetos são nutricionalmente comparáveis ou até mais interessantes (ZIELINSKA et al., 2015).

Variações em termos de aminoácidos limitantes são observadas dentre as diversas espécies e, até mesmo, dentro da mesma ordem. Já foram reportados o triptofano e a lisina como os principais limitantes em muitos casos (BUKKENS, 1997; WILLIAMS et al., 2016).

Foram reportados valores de digestibilidade das proteínas de insetos entre 76 e 96%, os quais são maiores que aqueles obtidos para alguns vegetais, porém

menores que de fontes animais (RAMOS-ELORDUY et al., 1997; FINKE, 2004; KOURIMSKA; ADAMKOVA, 2016).

A quitina, carboidrato estrutural do exoesqueleto dos insetos, implica em presença de nitrogênio não disponível, o que pode superestimar a real quantidade proteica para a nutrição humana (WILLIAMS, 2016). Por outro lado, consideráveis teores de quitina significam presença de fibras em quantidades maiores que as fontes convencionais, como carnes (BUKKENS, 1997).

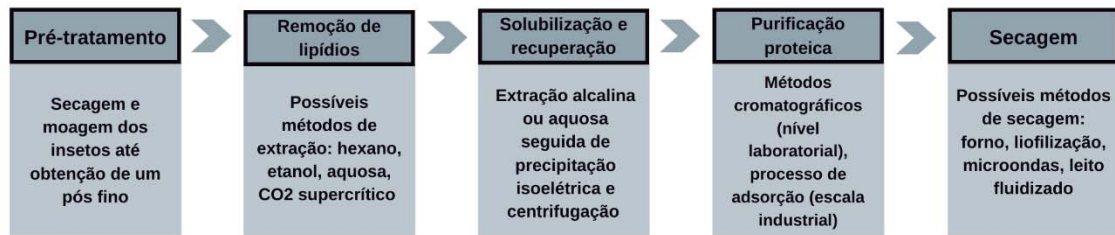
## 2.4. ASPECTOS TECNOLÓGICOS E FUNCIONAIS

A aceitação dos insetos comestíveis nas sociedades ocidentais, principalmente em países desenvolvidos, ainda é baixa, uma vez que a entomofagia não está presente na cultura alimentar de muitos desses consumidores. Um meio para contornar essa realidade e favorecer a introdução dessa matéria prima na elaboração de alimentos é a inclusão de insetos sob formas menos reconhecíveis (farinhas ou concentrados proteicos) (YI et al., 2013; MARIOD, 2013; BALZAN et al., 2016; DOYEN; GRAVEL, 2019). Estes derivados processados de insetos podem ser incorporados em diversos alimentos, seja para aumentar o conteúdo proteico ou para aproveitar de suas funções tecnológicas.

### 2.4.1 Farinhas e concentrados proteicos

Em se tratando da farinha de inseto, tem-se que o processamento consiste basicamente na secagem e moagem dos animais previamente insensibilizados e abatidos (VAN HUIS et al., 2013). No caso de concentrados proteicos, o processamento torna-se mais complexo, envolvendo etapas de remoção de lipídios, solubilização e purificação, conforme representado na Figura 4.

**Figura 4** – Diagrama de fluxo do processamento de concentrados proteicos de insetos comestíveis (GRAVEL; DOYEN, 2020).



De acordo com Gravel e Doyen (2020), este protocolo de produção é considerado o melhor em termos de pureza e rendimento, apesar de haver uma gama de métodos de remoção de lipídios e secagem que podem ser empregados em função da matéria prima e dos custos. Tem-se, portanto, espaço para estudos que visem os melhores métodos e parâmetros para elaboração dos diversos produtos proteicos de insetos (GRAVEL; DOYEN, 2020). Ressalta-se também que a produção de concentrados proteicos de insetos apresenta elevados custos de produção, o que consiste em outro obstáculo para o desenvolvimento dessa indústria, e gera produtos com menos lipídios e micronutrientes que os insetos inteiros ou apenas moídos (VAN HUIS et al., 2013; ZIELINSKA; KARAS; BARANIAK, 2018).

Várias pesquisas voltadas para aplicação e avaliação de insetos processados como ingrediente em produtos alimentícios foram desenvolvidas recentemente, por exemplo, o desenvolvimento de biscoitos tipo *cracker* (AKULLO et al., 2018), *snacks* (AZZOLLINI et al., 2017) e pão (OSIMANI et al., 2018). Em geral os resultados apontam que em determinadas proporções de substituição, a adição dos insetos não altera significativamente o caráter sensorial do alimento. González, Garzón e Rosell (2018) elaboraram produtos de panificação enriquecidos com 5 % de farinhas de *T. molitor*, *H. illucens* e *A. domesticus* substituindo farinha de trigo. Verificaram que os pães contendo *A. domesticus* mostraram características de textura similares aos tratamentos sem adição de insetos, mas com maior conteúdo proteico.



## 2.4.2 Propriedades tecno-funcionais das proteínas de insetos

As propriedades funcionais tecnológicas das proteínas são essenciais para a elaboração de alimentos com determinadas características de consistência decorrentes da formação adequada de géis, emulsões e espumas estáveis (WILLIAMS, 2016; BUßLER et al., 2016). Estas propriedades dependem, em geral, da estrutura, tamanho e composição em aminoácidos das proteínas, bem como podem ser afetadas pelas condições de processamento.

As proteínas de insetos tornaram-se alvos de pesquisas para avaliar sua qualidade suas propriedades funcionais como a solubilidade, formação e estabilização de emulsões e espumas, capacidade de gelificação e capacidade de retenção de água. (ZIELINSKA; KARAS; BARANIAK, 2018; BUßLER et al., 2016; SANTIAGO; FADEL; TAVARES, 2020; PURSCHKE et al., 2018).

A solubilidade é considerada uma propriedade funcional a ser avaliada para caracterização das proteínas, uma vez que influencia as demais propriedades, além de ser de grande importância na escolha da estratégia de produção, fracionamento e purificação das proteínas. Esta propriedade depende da interação das proteínas com a água, a qual pode ser afetada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Características proteicas intrínsecas a como menor massa molar, maior compactação molecular e com presença de aminoácidos superficiais polares carregados negativamente promovem, em geral, aumento da solubilidade. Parâmetros externos como o pH, força iônica e temperatura também afetam essa propriedade das proteínas (SATHE et al., 2018; KRAMER et al., 2012).

Zielinska, Karas e Baraniak (2018) estudaram as espécies *T. molitor* (Coleoptera), *Grylloides sigillatus* (Orthoptera) e *Schistocerca gregaria* (Orthoptera) com objetivo de verificar as propriedades funcionais das farinhas e concentrados proteicos desses insetos. Para as três espécies, menor solubilidade foi verificada em pH 5 (3 %, 4 % e 8 % para *T. molitor*, *G. sigillatus* e *S. gregaria*, respectivamente), ao passo que maiores valores foram observados em pH 11 (97 %, 96 % e 90 % para *T. molitor*, *G. sigillatus* e *S. gregaria*, respectivamente) (ZIELINSKA; KARAS; BARANIAK, 2018). Esses resultados, contudo, podem trazer preocupação com relação à aplicação em alimentos ácidos e próximos à neutralidade. Nesse sentido, Hall et al. (2017), estudando hidrolisados proteicos de *G. sigillatus*, indicaram que a solubilidade aumentou em mais de 30 % em pH 3 e 7 em comparação ao controle não

hidrolisado. Melhoria semelhante foi observada para as demais propriedades estudadas (capacidade emulsificante e de formação de espuma), o que chama atenção para os hidrolisados proteicos de insetos como ingredientes potenciais para elaboração de produtos alimentícios (HALL et al., 2017).

Ainda em relação ao estudo de Zielinska, Karas e Baraniak. (2018) foram observados maiores valores de capacidade de retenção de água para os concentrados proteicos dos insetos em comparação com as farinhas, sendo o melhor resultado para *T. molitor*. Entretanto, *G. sigillatus* proporcionou melhor capacidade de formação e estabilização de espumas, sendo considerado potencial substituto de produtos de ovos com tal finalidade (ZIELINSKA; KARAS; BARANIAK, 2018). Para a atividade emulsificante, o maior valor reportado foi de 72,62 % para concentrado proteico de *G. sigillatus*. De modo geral, a atividade emulsificante dos insetos estudados foi maior que a de muitas proteínas de origem vegetal, incluindo soja e lentilha. Para a estabilização de emulsão, contudo, *T. molitor* demonstrou melhores resultados com 51,31 %, seguido por *S. gregaria* com 48,11 % (ZIELINSKA; KARAS; BARANIAK, 2018).

Estudos recentes com espécies da ordem Orthoptera obtiveram resultados interessantes para propriedades tecno-funcionais das proteínas em diferentes condições de processo. Purschke et al. (2018) estudaram tais propriedades de concentrado proteico de gafanhotos migratórios (*L. migratoria* – Orthoptera) em função do pH e força iônica, sendo observado solubilidade máxima (100 %) em pH 9, além de atividade emulsificante, de formação e de estabilidade de espuma comparáveis às da proteína da clara de ovo em pH 5, pH 3 (com 3 % NaCl) e pH 9, respectivamente (PURSCHKE et al., 2018).

Santiago, Fadel e Tavares (2020) estudaram o comportamento das propriedades de gelificação e de formação de espuma de isolados proteicos de *Gryllus assimilis* (Orthoptera) em função das condições de força iônica (0, 0,1, 0,3 e 0,5 M de NaCl) e tratamento térmico (65, 75, 85, 90 e 95 °C por 15 min). Tanto a capacidade de formação de espuma quanto a concentração crítica de gelificação (6,5 %) foram consideradas comparáveis a de isolados de proteína do soro de leite. Esta concentração crítica foi observada para tratamentos térmicos a 90 °C por 15 min, o que mostra a influência das condições de processo na qualidade tecno-funcional.

Uma vez compilados os resultados das propriedades tecno-funcionais das proteínas de insetos supracitados, é importante considerar que, para melhor noção do

potencial funcional das proteínas de insetos como ingrediente alimentício, é essencial avaliar tais propriedades na presença de outros componentes, como ocorre nas matrizes complexas dos alimentos (DOYEN; GRAVEL, 2019).

Algumas propriedades tecno-funcionais de proteínas de insetos comestíveis estudados por alguns autores em diferentes modos de preparo, como farinhas, concentrados e hidrolisados proteicos são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 1** - Propriedades tecno-funcionais de proteínas de alguns insetos estudados.

Inseto (Espécie - Ordem)	Estágio de desenvolv.	Modo de preparação	Solubilidade	Capacidade de retenção de água	Capacidade de formação de espuma (%)	Estabilidade de espuma (%)	Atividade emulsificante	Estabilidade de emulsão (%)	Fonte
Larva-da-farinha ( <i>T. molitor</i> - Coleoptera)	Larva	Concentrado proteico	97 % (pH 11) e 3 % (pH 5)	3,95 g/g	32,67 ± 0,94	30,33 ± 0,47	66,6 ± 2,16 %	51,31 ± 0,46	Zielinska et al (2018)
		Farinha		1,29 g/g	31,0 ± 1,41	26,0 ± 0,94	65,96 ± 1,5 %	27,59 ± 1,18	
Grilo doméstico ( <i>G. sigillatus</i> - Orthoptera)	Adulto	Concentrado proteico	96 % (Máxima em pH 11) e 4 % (mínima em pH 5)	3,44 g/g	99,0 ± 1,41	92,0 ± 1,88	72,62 ± 1,9 %	38,3 ± 0,8	Zielinska et al (2018)
		Farinha		2,34 g/g	41,0 ± 1,41	34,67 ± 2,82	62,0 ± 1,25 %	31,65 ± 0,92	
		Hidrolisado proteico		-	~90 - 155	~22 - 55	~7 - 33 m <sup>2</sup> /g	~13 - 40	
Gafanhoto-do-deserto ( <i>Schistocerca gregaria</i> - Orthoptera)	Adulto	Concentrado proteico	90 % (Máxima em pH 11) e 8 % (mínima em pH 5)	2,31 g/g	32,0 ± 1,88	6,17 ± 0,71	67,78 ± 1,6 %	50,41 ± 1,99	Zielinska et al (2018)
		Farinha		2,18 g/g	22,33 ± 1,41	19,33 ± 0,94	69,17 ± 0,59 %	48,11 ± 0,57	
Gafanhoto-migratório ( <i>L. migratoria</i> - Orthoptera)	Adulto	Concentrado proteico	100 % (pH 9)	-	36 ± 2 (pH 5; 3 % NaCl) - 256 ± 1 (pH 3; 1 % NaCl)	9,38 ± 1,71 (pH 3; 1 % NaCl)	00,27 ± 0,00 (pH 7; 3 % NaCl) - 55,19 ± 0,91 (pH 5; 3 % NaCl)	-	Purschke et al. (2018)
Grilo-negro ( <i>G. assimilis</i> - Orthoptera)	Adulto	Isolado proteico	-	-	190 % (controle) - 1170 % (95 °C e 0,5 M NaCl)	~30 - ~370 (95 °C e 0,5 M NaCl)	-	-	Santiago, Fadel e Tavares (2020)

## 2.5. ACEITAÇÃO DOS CONSUMIDORES

Um dos maiores desafios para o mercado emergente de insetos comestíveis é, certamente, o baixo interesse por parte dos consumidores ocidentais em tornar os insetos, ou produtos obtidos a partir desses, parte de sua dieta diária (VAN HUIS et al., 2013). Muitos destes consumidores ainda têm pensamentos negativos e aversão a insetos, sendo a impressão de nojo a mais frequente, seguida pela resistência a novos alimentos (LA BARBERA et al., 2018).

Tais impressões podem variar dentro de um mesmo país, principalmente em países com grandes extensões e diferenças culturais, como o Brasil. BISCONSINI-JÚNIOR et al. (2020) realizaram uma pesquisa em cidades de diferentes estados brasileiros sobre o estímulo que a frase “alimento elaborado com inseto comestível” produzia. Verificaram que em regiões com cultura majoritariamente influenciada por imigrantes europeus, Sul e Sudeste, termos como “nojo”, “estranho” e “ruim” foram associados à frase com mais frequência. Já em cidades da região Norte do país, culturalmente próxima dos ameríndios, destacaram-se os termos “cultura”, “nutrição”, “sobrevivência” e “sustentabilidade”. Os autores pontuam que a estratégia de *marketing* para inserção desse novo alimento não deve ser homogênea, mas se adaptar às especificidades culturais de cada região em relação a esse produto (JÚNIOR et al., 2020).

A fim de identificar grupos de pessoas mais e menos dispostos a adotar insetos em sua dieta, Verbeke (2015) elaborou modelos preditivos com base em diversos fatores como gênero, resistência a novos alimentos e preocupação ambiental. Percebeu-se que, dos consumidores ocidentais, os que teriam maior probabilidade de aceitar produtos elaborados com insetos são homens jovens que buscam alternativas para carnes, que se preocupam com os impactos ambientais e que estão abertos a novos alimentos. Apesar da aversão a novos alimentos e a preferência pelas características sensoriais da carne convencional serem aspectos significativos na escolha dos consumidores, observou-se que aqueles que pretendem substituir o consumo de carne são 4,5 vezes mais propensos a adotar insetos na alimentação. Isso indica que a comunicação com esses grupos baseada nas motivações que de fato possuem pode favorecer as chances de adoção dessas matérias-primas.

Além disso, a utilização de ingredientes alimentícios à base de insetos, como farinhas e concentrados proteicos, de modo que a aparência característica do animal

não fique evidente, é interessante para superar a baixa aceitação (GRAVEL; DOYEN, 2020). Adicionalmente, o desenvolvimento de alimentos elaborados com esses ingredientes, apresentados de forma sensorialmente mais atrativa, em termos de *flavor*, textura e aparência, pode ser uma alternativa para tornar o consumo menos associado a atitudes implícitas negativas que levam à aversão (LA BARBERA et al., 2018).

## 2.6. ASPECTOS REGULATÓRIOS

Além da aceitação dos consumidores, outro obstáculo para a inserção dos insetos comestíveis e seus derivados nos mercados ocidentais e para o desenvolvimento desse segmento é a falta de legislação e padronização, sobretudo como alimento humano, além dos processos mais restritivos de autorização (GRAVEL; DOYEN, 2019; IMATHIU, 2020). O estabelecimento de estruturas regulatórias e de padronização auxilia a promoção de segurança e qualidade desses alimentos, pensando no consumidor final. Marone (2016) e Baiano (2020) também pontuam que há pouca regulamentação para guiar essa indústria emergente.

No Codex Alimentarius, o guia internacional para segurança dos alimentos, os insetos são considerados apenas como impurezas a serem controladas em outros produtos (BAIANO, 2020). As legislações nacionais variam entre si e, em geral, também não abordam especificamente insetos como alimento humano (VAN HUIS et al., 2013; BAIANO, 2020). Van Huis et al. (2013) também destaca o papel de um padrão internacional como base e referência para as legislações nacionais e para o comércio internacional, além de guiar a implantação de estruturas legais para segurança desses novos produtos.

Em geral, países em desenvolvimento não possuem uma estrutura regulatória voltada para a segurança e qualidade dos insetos comestíveis, mesmo que grande parte dos países que os consomem tradicionalmente estejam inseridos nesse grupo (DOBERMAN; SWIFT; FIELD, 2017; IMATHIU, 2020). Em países ocidentais, o consumo desses animais está ainda sendo introduzido, de modo que o processo de desenvolvimento, revisão e implementação de legislações que abordem especificamente insetos para consumo humano ainda é incipiente. Visto que, nesses países, os processos para autorização de novos alimentos em seu território são mais

restritivos, tem-se o que pode ser considerado uma das barreiras para o desenvolvimento do setor (IMATHIU, 2020).

Na União Europeia, a EFSA (European Food Safety Authority), responsável pela regulamentação e supervisão dos alimentos, considera os insetos comestíveis na categoria de novos alimentos. Esta categoria envolve alimentos ou ingredientes sem um histórico tradicional de consumo por humanos em uma dada região, e que para sua comercialização requerem uma avaliação de riscos a priori (MARONE, 2016; BELLUCO et al, 2013; UNIÃO EUROPEIA, 2015). Também é estabelecido que os novos alimentos e ingredientes devem ser seguros para os consumidores e apresentarem as devidas informações que não induzam o consumidor ao engano (VAN HUIS et al., 2013; UNIÃO EUROPEIA, 2015).

O procedimento de autorização dos novos alimentos para os mercados europeus pode levar até 17 meses. Entretanto, há uma simplificação no processo por meio de uma demonstração que o alimento é seguro (identificado assim pela própria EFSA) e tem sido consumido tradicionalmente por mais de 25 anos em um outro país por um número significativo de pessoas, de tal modo que, nesse caso, o procedimento pode levar apenas 5 meses (BAIANO, 2020). Isso traz uma maior flexibilidade e agilidade para a inserção de produtos à base de insetos comestíveis nesses mercados, visto que são consumidos tradicionalmente em diversos países.

No Brasil, o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes da ANVISA (Agência Nacional De Vigilância Sanitária) (BRASIL, 1999) aborda os novos alimentos e ingredientes para consumo humano sem histórico no País. Dispõe que, na documentação necessária para o registro, deve ser incluído relatório técnico científico com: denominação do produto, finalidade de uso, recomendação de consumo, descrição científica dos ingredientes do produto, segundo espécie de origem, evidências científicas de segurança de uso (por meio de diversos ensaios como fisiológicos ou toxicológicos, epidemiológicos, clínicos, entre outros), informações presentes em literatura científica, organismos internacionais de saúde e legislação internacionalmente reconhecida (BRASIL, 1999). Apesar de não mencionar especificamente insetos comestíveis como um novo alimento, fornece a base regulatória para registro de tal produto (TUNES, 2020).

Van Huis et al. (2013) afirmam que a importância da criação de legislações sobre o uso de insetos na alimentação humana e animal está na regulamentação e controle de indústrias processadoras, de modo a fornecer alimentos seguros e de

qualidade, bem como na disponibilização de informações para os consumidores por meio de padrões de rotulagem e divulgação dos efeitos dessa matéria prima na saúde humana.

## 2.7. SEGURANÇA DO ALIMENTO

A preocupação com a segurança dos alimentos e ingredientes elaborados com insetos aumenta à medida em que estes começam a ganhar atenção para consumo humano, sobretudo nos países ocidentais (BAIANO, 2020). Surgem questões sobre os riscos que esses produtos podem trazer e como minimizá-los antes, durante e após o processamento. O conhecimento cientificamente embasado ainda limitado sobre riscos ligados a estes novos produtos alimentícios, o que constitui outra barreira para a sua adesão nos mercados ocidentais (IMATHIU, 2020; VAN DER FELLS-KLERX et al, 2018; SCHLÜTER et al, 2016).

### 2.7.1. Contaminação microbiológica

Insetos são carreadores de microrganismos, inclusive patogênicos, presentes tanto nas superfícies externas do inseto, quanto no intestino do animal (RUMPOLD et al., 2014; SCHLÜTER et al., 2016). Klunder et al. (2012) observaram bactérias entéricas e formadoras de esporos em quantidades consideráveis após moagem de larva de *T. molitor* (besouro-da-farinha) e *Acheta domesticus* (grilo doméstico). Osimani et al. (2017) identificaram a presença de patógenos de vários gêneros como *Vibrio*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium* e *Bacillus* em um estudo visando determinar a diversidade da microbiota presente em insetos comestíveis processados e comercializados na Tailândia.

Alguns estudos identificaram microrganismos em determinados insetos comestíveis potenciais como fonte de alimentos em países da União Europeia: *Locusta migratoria* (gafanhoto migratório) (STOOPS et al., 2016), *Schistocerca gregaria* (gafanhoto do deserto) (DILLON; CHARNLEY, 2002), *Tenebrio molitor* (besouro da farinha) (JUNG et al., 2014; STOOPS et al., 2016), *Hermetia illucens* (black soldier fly) (JEON et al., 2011). Foram encontradas enterobactérias dos gêneros *Klebsiella sp.*, *Yersinia sp.*, *Citrobacter sp.*, *Salmonella sp.*, *Enterobacter sp.*, *Shigella*



*sp.*, além de outras dos gêneros *Clostridium sp.*, *Pseudomonas sp.* e *Staphylococcus sp.*. Isso levanta uma preocupação com a contaminação advinda dessa parte interna do animal, que é exposta ao passar por processamento, potencializando a contaminação (RUMPOLD et al., 2014; SCHLÜTER et al., 2016).

Fungos de espécies formadoras de toxinas e alergênicos também foram observados como parte de tal microbiota (SCHLÜTER et al., 2016). Apesar de, em geral, inofensivos para humanos, vírus também podem estar presentes em insetos e devem ser tratados sob o ponto de vista da saúde animal (BAIANO, 2020).

Nas instalações de processamento de insetos e seus derivados, destaca-se a importância das boas práticas de fabricação para garantir as condições higiênicas e dos programas de análise e controle de perigos para minimizar os riscos (IMATHIU, 2020). Schlüter et al. (2016) também afirmam que uma elevada carga microbiana inicial e inevitável deve ser considerada e controlada, por processos adequados, quando se pretende produzir derivados de insetos comestíveis.

A produção dos insetos para consumo humano e animal em circunstâncias controladas em toda a cadeia pode reduzir consideravelmente os riscos de contaminação microbiológica. O emprego de jejum pré-abate por 24 a 48 horas e evisceração antes de processar, quando possível, também são meios de reduzir tal carga microbiana intestinal, como é realizado com outras fontes de proteína animal (DOBERMAN; SWIFT; FIELD, 2017; RUMPOLD, 2014). Van der Fels-Klerx (2018) aponta o substrato usado na alimentação dos insetos como um meio relevante de exposição a perigos de contaminação, de modo a receber um controle mais rigoroso, o que é possível na produção industrial controlada, para reduzir tais perigos.

Dependendo das características do produto alimentício a ser obtido, submeter os insetos, ou ingredientes obtidos de insetos, a tratamentos visando redução da carga microbiana é relevante para minimizar o risco de doenças de origem alimentar, além de aumentar sua vida de prateleira (GRABOWSKI; KLEIN, 2016). Operações unitárias como tratamentos térmicos, secagem, congelamento e armazenamento refrigerado podem ser considerados (MARSHALL; DICKSON; NGUYEN, 2016).

No que diz respeito à presença de contaminantes resíduos de pesticidas, os insetos comestíveis selvagens coletados para alimento humano são os que apresentam maiores riscos, visto a falta de controle da alimentação e do deslocamento desses animais. Assim, o controle da alimentação realizado nas fazendas de insetos permite a mitigação desse perigo também (IMATHIU, 2020).

### 2.7.2. Alergênicos

Outro risco associado a insetos como alimento humano é a questão dos potenciais alergênicos presentes (SILVA LUCAS et al., 2019). Já é de conhecimento que artrópodes, como crustáceos, apresentam algumas proteínas que podem induzir reações alérgicas em indivíduos susceptíveis. Destacam-se a tropomiosina, arginina quinase, gliceraldeído 3 – fosfato desidrogenase e hemocianina (BELLUCO et al., 2013).

Em insetos comestíveis é esperada reatividade cruzada devido à proximidade de proteínas presentes com a tropomiosina, conhecida como o principal alergênico em camarões e outros artrópodes (HALL; JOHNSON; LICEAGA, 2018; VAN DER FELS-KLERX et al., 2018; VAN BROEKHOVEN et al., 2016). Verhoeckx et al. (2013) verificaram reatividade cruzada com tropomiosina e arginina quinase e concluíram que pessoas alérgicas a ácaros e crustáceos correm risco ao consumirem larva de *T. molitor*. Van Broekhoven et al. (2016) também chegaram na mesma conclusão. Outro estudo observou arginina quinase como um alergênico com reatividade cruzada em camarão e em grilos (*Gryllus bimaculatus*) (SRINROCH et al., 2015).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define alérgeno alimentar como “qualquer proteína, incluindo proteínas modificadas e frações proteicas, derivada dos principais alimentos que causam alergias alimentares” (BRASIL, 2015). Também estabelece a declaração a ser empregada nos rótulos de alimentos que contenham pelo menos um dos itens considerados alergênicos por essa legislação ou que possam apresentar contaminação cruzada com pelo menos um destes. No caso de crustáceos, deve ser adicionado ainda o nome comum das espécies (BRASIL, 2015). Insetos comestíveis ainda não estão previstos na lista, mas a inclusão de informação destes no rótulo consiste no principal meio de informar ao consumidor o potencial risco alergênico.

Além disso, no Guia sobre Programa de Controle de Alergênicos (ANVISA, 2018), é pontuado que todos os envolvidos nas mais diversas etapas da cadeia produtiva de um alimento possuem responsabilidade legal de informar corretamente sobre os produtos em termos de alergênicos e que o controle deve ocorrer de forma preventiva pela identificação das fontes potenciais, avaliação de risco e controle de pontos críticos (ANVISA, 2018).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No futuro da alimentação humana, matérias primas alternativas podem ganhar espaço considerável. Os ingredientes proteicos à base de insetos podem ser considerados como potenciais substitutos de fontes de origem animal convencionais, visto que, além de apresentarem um perfil nutricional interessante, podem ser obtidos por meio de sistemas menos agressivos ao ambiente. Isso significa uma oportunidade para indústrias alimentícias, que adotarem essa nova matéria prima, na criação de estratégias de *marketing* voltadas para os consumidores cada vez mais preocupados com a questão da sustentabilidade. Adicionalmente, consumidores com intenção de adquirir alimentos enriquecidos com proteínas, como os praticantes de esportes e academia, ou que simplesmente estejam buscando substituir, parcialmente ou não, o consumo de carnes na dieta são potenciais públicos-alvo. Além disso, há também o interesse da indústria está interessada nas propriedades tecno-funcionais dos ingredientes proteicos que viabilizem a elaboração de alimentos com características específicas, o que abre espaço para mais estudos de avaliação em matrizes alimentícias complexas. Destaca-se, ainda, a importância da informação cientificamente embasada para desmistificar os insetos comestíveis e afastar impressões de aversão dessa matéria prima ou produto, um dos maiores desafios para adoção na dieta ocidental, juntamente com a inserção e criação de legislações e padronizações.

## REFERÊNCIAS

AARNINK, A. J. A.; KEEN, A.; METZ J. H. M.; SPEELMAN, L.; VERSTEGEN, M. W. A. Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 62, p. 105-116, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/jaer.1995.1069>>. Acesso em out 2020.

ABBASI, T.; ABBASI, T.; ABBASI, S.A. Reducing the global environmental impact for livestock production: the minilivestock option. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 1754-1766, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.094>>. Acesso em out 2020.

AKULLO, J.; NAKIMBUGWE, D.; OBAA, B. B.; OKWEE-ACAI, J.; AGEA, J. G. Development and quality evaluation of crackers enriched with edible insects. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 4, p. 1592-1599, 2017.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Guia sobre Programa de Controle de Alergênicos.**, Guia Nº 05/2018, versão 2. Disponível em: <<http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2779039/%281%29Guia+Programa+Controle+de+Alergenicos+versao+2.pdf/69af35f5-cc11-412e-ade5-4d47fef14f5e>> Acesso em: abr. 2021.

AZZOLLINI, D.; DEROSI, A.; FOGLIANO, V.; LAKEMON, C. M. M.; SEVERINI, C. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 45, p. 344-353, 2018.

BAIANO, A. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. **Trends in Food & Technology**, v. 100, p. 35-50, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419302511?via%3Dihub>> Acesso em: abr. 2021.

BALZAN, S.; FASOLATO, L.; MANIERO, S.; NOVELLI, E. Edible insects and young adults in a north-east Italian city an exploratory study. **British Food Journal**, 118, 318–326. 2016.

BELLUCO, S.; LOSASSO, C.; MAGGOILETTI, M.; ALONZI, C. C.; PAOLETTI, M. G.; RICCI, A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. **Comprehens. Rev. Food Sci.** Food Safety, p. 296 – 313, 2013.

Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>> Acesso em: abr. 2021.

BINCONSIN-JÚNIOR, A.; RODRIGUES, H.; BEHRENS, J. H.; LIMA, V. S.; DA SILVA, M. A. A. P.; DE OLIVEIRA, M. S. R.; JANUÁRIO, L. A.; DELIZA, R.; NETTO, F. M.; MARIUTTI, L. R. B. Examining the role of regional culture and geographical distances representation of unfamiliar foods in a continental-size country. **Food Quality and Preference.**, v. 79, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103779>> Acesso em: out 2020.

BRASIL. **Resolução N° 16, de 30 de abril de 1999.** Aprova o “Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes” constante do anexo desta Resolução. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Disponível em: < [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RES\\_16\\_1999\\_COMP.pdf/4bf63dcb-722b-4b77-849c-9502f544ff49](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RES_16_1999_COMP.pdf/4bf63dcb-722b-4b77-849c-9502f544ff49)>. Acesos em: abr. 2021.

BRASIL. **Resolução RDC N° 26, de 2 de Julho de 2015.** Dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Disponível em: < [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2694583/RDC\\_26\\_2015\\_.pdf/b0a1e89b-e23d-452f-b029-a7bea26a698c](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2694583/RDC_26_2015_.pdf/b0a1e89b-e23d-452f-b029-a7bea26a698c)>. Acesso em: abr. 2021.

BUKKENS, G. F. S. The nutritional value of edible insects. **Ecology of Food Nutrition**, v. 36, p. 287-319. 1997. Disponível em <<https://woven-network.co.uk/wp-content/uploads/2016/02/Bukkens-1997-The-nutritional-value-of-edible-insects.pdf>> Acesso em: out 2020.

BUßLER, S.; RUMPOLD, B. A.; JANDER, E.; RAWEL, H. M.; SCHLÜTER, O. K. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Heliyon.**, v. 2, n. 12, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00218> >. Acesso em: out 2020.

CLAYTON, E. M.; SPECHT, E. A.; WELCH, D. R.; BERKE, A. P. Addressing Global Protein Demand Through Diversification and Innovation: An Introduction to Plant-Based and Clean Meat. **The Good Food Institute**. 2018.

COSTA-NETO, E. M.; DUNKEL, F. V. Insects as Food: History, Culture, and Modern Use around the World. In: DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. **Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, processing and food applications**. Academic Press. 2016, p. 29-54.

DAY, L. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. **Trends in Food Science & Technology**, v. 32, p. 25-42, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005>. Acesso em: set. 2020.

DE CASTRO, R. J. S.; OHARA, A.; AGUILAR, J. G. S.; DOMINGUES, M. A. F. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 82-89, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.006>. Acesso em: set. 2020.

DE VRIES, M.; DE BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 128, 2010, p. 1-11. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007> >. Acesso em: out. 2020.

DILLON, R.; CHARNLEY, K. Mutualism between the desert locust *Schistocerca gregaria* and its gut microbiota. **Res. Microbiol.**, v. 153, ed. 8, p. 503-509, 2002.

DOBERMAN, D.; SWIFT, J. A.; FIELD, L. M. Opportunities and hurdles of edible insects as food and feed, **Nutrition Bulletin**, v. 42, ed. 4, p. 293-308, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/nbu.12291> >. Acesso em: mar. 2021.

DUNKEL, F. V.; PAYNE, C.. Introduction to edible insects. In: DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. **Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, processing and food applications**. Academic Press. 2016, p. 1-27. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00001-6>. Acesso em: out. 2021.

FAO. **The contribution of insects to food security, livelihood and the environment**. Disponível em <http://www.fao.org/3/i3264e/i3264e00.pdf>. Acesso em set 2020.

FAO. **World Livestock 2011 – Livestock in food security**. 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf>. Acesso em set 2020.

FAO. **The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/l8429EN/i8429en.pdf>. Acesso em set 2020.

FAO. **Insect for food and feed – Photo gallery**. 2021a. Disponível em: <<http://www.fao.org/edible-insects/86364/en/>>. Acesso em: mar. 2021.

FAO. **Stakeholders directory**. 2021b. Disponível em: <<http://www.fao.org/edible-insects/stakeholder-directory/en/>>. Acesso em: mar. 2021

FASOLIN, L. H.; PEREIRA, R. N.; PINHEIRO A. C.; MARTINS J. T.; ANDRADE C. C. P.; RAMOS O. L.; VICENTE A. A. Emergent food proteins – Towards sustainability, health and innovation. **Food Research International**, v. 125, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108586>>. Acesso em: set. 2020.

FINKE, M. D. Estimate of chitin in raw whole insects. **Zoo Biol.** v. 26, p. 105-115, 2007.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biol.** v. 21, p. 269-285, 2002.

FINKE, M. D. Nutrient content of insects. In: CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of Entomology**, Kluwer Academic, London, p. 1562-1575, 2004.

GAHUKAR, R. T. Edible insects farming: efficiency and impact on Family livelihood, food security and environment compared with livestock and crops. In: DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, G. **Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications**. 2016, p. 85-111. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/C2014-0-03534-4>>. Acesso em out 2020.

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B. MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J. FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. **Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, 2013. Disponível em: <[fao.org/3/a-i3437e.pdf](http://fao.org/3/a-i3437e.pdf)>. Acesso em out 2020.

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B. MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J. FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. **Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, 2013. Disponível em: <[fao.org/3/a-i3437e.pdf](http://fao.org/3/a-i3437e.pdf)>. Acesso em out 2020.

GONZÁLEZ, C. M.; GARZÓN, R.; ROSELL, C. M. Insects as ingredients for bakery goods: A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* e *T. molitor* flours. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 51, p. 205-210, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>> Acesso em: abr 2021.

GRABOWSKI, N. T.; KLEIN, G. Microbiology of cooked and dried edible Mediterranean field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*) submitted to four different heating treatments. **Food Sci. Technol. Int**, v. 23, ed. 1, p. 17-23, 2017. Disponível em: < <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013216652994>>. Acesso em: mar. 2021.

GRAVEL, A.; DOYEN, A. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 59, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102272> > Acesso em: out. 2020.



GROSSI, G.; GOGLIO, P.; VITALI, A.; WILLIAMS, A. G. Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 69-76, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/af/vfy034>>. Acesso em: nov 2020.

HALL, F.; JOHNSON, P. E.; LICEAGA, A. Effect of enzymatic hydrolysis on bioactive properties and allergenicity of cricket (*Grylloides sigillatus*) protein. **Food Chemistry**, v. 262, p. 39-47, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.058>>. Acesso em: abr. 2021.

HALL, F. G.; JONES, O. G.; O'HAIRE, M. E.; LICEAGA, A. M. Functional properties of tropical banded cricket (*Grylloides sigillatus*) protein hydrolysates. **Food Chemistry**, v. 224, p. 414-422, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.138>>. Acesso em: out 2020.

HALLORAN, A.; ROOS, N.; EILENBERG, J.; CERUTTI, A.; BRUUN, S. Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. **Agro. Sustain. Dev**, v. 36, n. 57, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13593-016-0392-8>>. Acesso em out 2020.

HALLORAN, A.; HANBOONSONG, Y.; ROOS, N.; BRUUN, S. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 83-94, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>>. Acesso em out 2020.

HALLORAN, A.; HANSEN, H. H.; JENSEN, L. S.; BRUUN, S. Comparing environmental impacts from insects for feed and food as an alternative to animal production. In: HALLORAN, A.; FLORE, R.; VANTOMME, P.; ROOS, N. **Edible insects in sustainable food systems**. Springer International Publishing. 2018, p. 479. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_11)>. Acesso em out 2020.

HACKSTEIN, J. H. P.; STUMM, C. K. Methane production in terrestrial arthropods. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, Estados Unidos, v. 91, p. 5441-5445, 1994. Disponível em: <<https://www.pnas.org/content/pnas/91/12/5441.full.pdf>>. Acesso em ou 2020.

IMATHIU, S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. **NFS Journal**, v. 18, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>>. Acesso em: mar. 2021.

JAMALI, H.; LIVESLEY, S. J.; DAWES, T. Z.; COOK, G. D.; HURTLEY, L. B.; ARNDT, S. K. Diurnal and seasonal variations in CH<sub>4</sub> flux from termite mounds in tropical savannas of the Northern Territory, Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, p. 1471-1479, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.06.009>>. Acesso em out 2020.

JEON, H.; PARK, S.; CHOI, J.; JEONG, G.; LEE, S.; CHOI, Y., LEE, S. The intestinal bacterial community in the food waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*. **Curr. Microbiol.**, vol. 62, p. 1390-1399, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00284-011-9874-8>>. Acesso em: abr. 2021.

JONGEMA, Y. **List of edible insects of the world**. Wageningen University and Research. 2017. Disponível em: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>. Acesso em: abr. 2021.

JUNG, J.; HEO, A.; PARK, Y. W.; KIM, Y. J.; KOH, H.; PARK, W. Gut microbiota of *Tenebrio molitor* and their response to environmental change. **J. Microbiol. Biotechnol.** v. 24, ed. 7, p. 888-897, 2014. Disponível em: [10.4014/jmb.1405.05016](https://doi.org/10.4014/jmb.1405.05016). Acesso em: abr. 2021.

KLUNDER, H. C.; WOLKERS-ROOIJACKERS, J.; KORPELA, J. M.; NOUT, M. J. R. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. **Food Control**, v. 26, ed. 2, p. 628-631, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>>. Acesso em: mar. 2021.

KRAMER, R. M.; SHENDE, V. R.; MOTL, N.; PACE, C. N.; SCHOLTZ, J. M. Toward a molecular understanding of protein solubility: Increased negative surface charge correlates with increased solubility. **Biophysical Journal.**, v. 102, p. 1907-1915, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bpj.2012.01.060>>. Acesso em: out 2020.

KOURIMSKA, L.; ADAMKOVA, A. Nutritional and sensory quality of edible insects. **NFS Journal**, v. 4, p. 22-26, 2016.

LA BARBERA, F.; VERNEAU, F.; AMATO, M.; GRUNERT, K. Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. **Food Quality and Preference.**, v. 64, p. 120-125, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.002>> Acesso em: out 2020.

LOOY, H.; DUNKEL, F. V.; WOOD, J. R. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. **Agriculture and Human Values**, v. 31, p. 131-141, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10460-013-9450-x>>. Acesso em: out 2020.

MARIOD, A.; ABDELWAHAB, S.; IBRAHIM, M.; MOHAN, S.; ELGADIR, M.A.; Ain, N. Preparation and characterization of gelatins from two sudanese edible insects. **Journal of Food Science and Engineering**, 1, 45-55, 2011.

MARONE, P. A. Food Safety and Regulatory Concerns. In: In: HALLORAN, A.; FLORE, R.; VANTOMME, P.; ROOS, N. **Edible insects in sustainable food systems**, Springer, Cham, 2016, p. 203-221. Disponível em: < <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-74011-9> > Acesso em: out 2020.

MARSHALL, D. L.; DICKSON, J. S.; NGUYEN, N. H. Ensuring food safety in insect based foods: mitigating microbiological and other foodborne hazards. In: HALLORAN, A.; FLORE, R.; VANTOMME, P.; ROOS, N. **Edible insects in sustainable food systems**, Springer, Cham, 2016, p. 223-253. Disponível em: < <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-74011-9> > Acesso em: out 2020.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). 4 ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. 161 p.

ONYEIKE, E. N.; AYALOGU, E. O.; OKARAONYE, C. C. Nutritive value of the larvae of *Raphia palm beetle (Oryctes rhinoceros)* and weevil (*Rhynchophorus*

*phoenicis*). **J. Sci. Food Agr.** v. 85, p. 1822-1828, 2005. Disponível em: <<http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/J.Sci.Food%20and%20Agri/2005v85/no.11/2005v85no11p1822-1828.pdf>>. Acesso em: fev 2021.

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**, v. 5, n. 12, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>>. Acesso em out 2020.

OONINCX, D. G. A. B.; VAN BROEKHOVEN, S.; VAN HUIS, A.; VAN LOON, J. A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/288001680>>. Acesso em: out 2020.

OPARA, M. N.; SANYIGHA, F. T.; OGBUEWU, I. P.; OKOLI, I. C. Studies on the production trend and quality characteristics of palm grubs in the tropical rainforest zone of Nigeria. **Int. J. Agric. Technol.**, v. 8, p. 851-860, 2012.

OSIMANI, A.; GAROFALO, C.; MILANOVIC, V.; TACCARI, M.; CARDINALI, F.; AQUILANTI, L. Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insects marketed in the European Union. **Eur. Food Res. Technol.**, v. 243, p. 1157-1171, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00217-016-2828-4>>. Acesso em: mar. 2021.

OSIMANI, A.; MILANOVIC, V.; CARDINALI, F.; RONCOLINI, A.; GAROFALO, C.; CLEMENT, F.; PASQUINI, M.; MOZZON, M.; FOLIGNI, R.; RAFFAELLI, N.; ZAMPORLINI, F.; AQUILANTI, L. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 48, p. 150-163, 2018.

PREMELATHA, M.; ABBASI, T.; ABBASI, T.; ABBASI, S. A. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 9, p. 4357-4360,

2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115>>. Acesso em: out 2020.

PURSCHKE, B.; TANZMEISTER, H.; MEINLSCHMIDT, P.; BAUMGARTNER, S.; LAUTER, K.; JÄGER, H. Recovery of soluble proteins from migratory locust (*Locusta migratoria*) and characterisation of their compositional and techno-functional properties. **Food Research International.**, v. 106, p. 271-279, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.067> >. Acesso em: out 2020.

RAMOS-ELORDUY, J.; MORENO, J. M.; PRADO, E.; PEREZ, M. Nutritional value of edible insects from the State of Oaxaca, Mexico. **J. Food Compos.**, v. 10, p. 142-157, 1997.

RAMOS-ELORDUY, J.; COSTA NETO, E. M.; PINO, J. M.; CORREA, M. d. S. C. Knowledge about useful entomofauna in the country of La Purisima Palmar de Bravo, Puebla State, Mexico. **Biotemas.**, v. 20, p. 121-134, 2007.

ROOS, N. Insects and human nutrition. In: HALLORAN, A.; FLORE, R.; VANTOMME, P.; ROOS, N. **Edible insects in sustainable food systems.** Springer, Cham, 2018, p. 83-91. Disponível em: < <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-74011-9> > Acesso em: out 2020.

RUMPOLD, B. A.; FRÖHLING, A.; REINIKE, K.; KNORR, D.; BOGUSLAWSKI, S.; EHLBECK, J.; SCHLÜTER, O. Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 25, p. 232-241, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.09.002>. Acesso em: mar. 2021.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Mol. Nutr. Food. Res.**, v. 57, n. 5, p. 802-823, 2013. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23471778/>>. Acesso em: out 2020.

SANTIAGO, L. A.; FADEL, O. M.; TAVARES, G. M. How does the thermal-aggregation behavior of black cricket protein isolate affect its foaming and gelling properties? **Food Hydrocolloids.**, v. 110, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106169> >. Acesso em: out 2020.

SATHE, S. K.; ZAFFRAN, V. D.; GUPTA, S.; LI, T. Protein Solubilization. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1002/aocs.12058> >. Acesso em: out 2020.

SCHLÜTER, O.; RUMPOLD, B.; HOLZHAUSER, T.; ROTH, A.; VOGEL, R. F.; QUASIGROCH, W.; VOGEL, S.; HEINZ, V.; JAGER, H.; BANDICK, N.; KULLING, S. E.; KNORR, D.; STEINBERG, P.; ENGEL, K. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects, **Mol. Nutr. Food Res.**, v. 61, p. 1-14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>. Acesso em: mar. 2021.

SILVA LUCAS, J.; MENEGON DE OLIVEIRA, L.; DA ROCHA, M.; PRENTICE, C. Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds, **Food Chemistry**, v. 331, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>. Acesso em: abr. 2021.

SMETANA, S.; LARKI, N. A.; PERNUTZ, C.; FRANKE, K.; BINDRICH, U.; TOEPFL, S.; HEINZ, V. Structure design of insect-based meat analogs with high-moisture extrusion. **Journal of Food Engineering**, v. 229, p. 83-85, 2018.

SMETANA, S.; PALANISAMY, M.; MATHYS, A.; HEINZ, V. Sustainability of insect use for feed and food: Life cycle assessment perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 741-751, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>>. Acesso em: out 2020.

SRINROCH, C.; SRISOMSAP, C.; CHOKCHAICHAMNANKIT, D.; PUNYARIT, P.; PHIRIYANGKUL, P. Identification of novel allergen in edible insect *Gryllus bimaculatus* and its cross-reactivity with *Macrobrachium spp.* allergens. **Food Chemistry**, v. 184, p. 160-166, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615004665?via%3Dihub> >. Acesso em: abr. 2021.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. **Livestock's long shadow: environmental issues and options.**

Roma: FAO, 2006, p. 319. Disponível em:

<http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>. Acesso em out 2020.

STOOPES, J.; CRAUWELS, S.; WAUD, M.; CLAES, J.; LIEVENS, B.; VAN CAMPENHOUT, L. Microbial community assessment of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and grasshoppers (*Locusta migratoria migratorioides*) sold for human consumption. **Food Microbiol**, v. 53, p. 122-127, 2016. Disponível em: 10.1016/j.fm.2015.09.010. Acesso em: abril 2021.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulation (EU) N° 2015/2283 of the European Parliament and the council of 25 november 2015 on novel foods**, Off. J. Eur. Union L, 2015. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283&from=en>>. Acesso em: mar. 2021.

TUNES, S. **Insetos comestíveis**. 2020. Disponível em:

<https://revistapesquisa.fapesp.br/insetos-comestiveis/>. Acesso em: abr. 2021.

VAN BROEKHOVEN, S. BASTIAAN-NET, S.; DE JONG, N. W.; WICHERS, H. J. Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. **Food Chem.**, v. 196, p. 1075-1083, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.033>>. Acesso em: abr. 2021.

VAN DER FELS-KLERX, H. J.; CAMENZULI, L.; BELLUCO, S.; MEIJER, N.; RICCI, A. Food Safety Issues Related to Uses of Insects for Feeds and Foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, ed. 5, p. 1172-1183, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12385>>. Acesso em: mar 2021.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. Edible insects: Future prospects for food and feed security. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>>. Acesso em: set. 2020.

VAN HUIS, A. Edible insects contributing to food security? **Agriculture & Food Security**, v. 4, n. 20, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>>. Acesso em out 2020.

VAN HUIS, A.; OONINCX, D. G. A. B. The environmental sustainability of insects as food and feed: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 43, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>>. Acesso em: out 2020.

VERHOECKX, W.; VAN BROEKHOVEN, S.; GASPARI, M.; DE HARTOG-JJAGER, S. C.; DE JONG, G.; WICHERS, H.; VAN HOFFEN, E.; HOUBEN, G.; KNULST, A. C. House dust mite (Derp 10) and crustacean allergic patients may be at risk when consuming food containing mealworm proteins. **Clinical and Translational Allergy**, v. 3, 2013. Disponível em: <https://ctajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2045-7022-3-S3-P48>. Acesso em: abr. 2021.

VERKEBE, W. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. **Food Quality and Preference**. v. 39, p. 147-155, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.008>>. Acesso em nov 2020.

WILLIAMS, J. P.; WILLIAMS, J. P.; KIRABO, A; CHESTER, D.; PETERSON, M. Nutrient Content and Health Benefits of Insect. In: DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. **Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, processing and food applications**. Academic Press. 2016, p. 61-84. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00003-X>>. Acesso em out 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation. WHO Technical Report Series, 2007. Disponível em: <[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em out 2020.



YI, L.; LAKEMON, C. M. M.; SAGIS, L. M. C.; EISNER-SCHADLER, V. E.; VAN HUIS, A.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341-3348, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115>> Acesso em out 2020.

ZIELINSKA, E.; BARANIAK, B.; KARÁS, M.; RYBCZYNSKA, K.; JAKUBCZYK, A. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. **Food Research International**, v. 77, p. 460-466, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>>. Acesso em out 2020.

ZIELINSKA, E.; KARAS, M.; BARANIAK, B. Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. **LWT – Food Science and Technology**, v. 91, p. 168-174, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.058> > Acesso em: out. 2020.