

**Insetos comestíveis**  
**Avaliação Nutricional de duas espécies comercializadas em**  
**Portugal**

Maria da Piedade Cabral da Camara Wemans

Dissertação para obtenção do grau de mestre em  
**Engenharia Alimentar Ramo de Processamento dos Alimentos**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Doutora Margarida Moldão

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Doutora Elisabete Figueiredo

**Júri:**

Presidente: Doutora Maria Luisa Louro Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor Luís Miguel Soares Ribeiro Leite da Cunha, Professor Associado da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

(2015)

# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha orientadora Professora Doutora Margarida Moldão Martins e à minha coorientadora Professora Doutora Elisabete Figueiredo, pelo entusiasmo com que me acompanharam na ideia do trabalho e na realização do mesmo. Por todo o incentivo, simpatia, ajuda e dedicação com que me orientaram durante todo o tempo da dissertação.

Ao Professor Doutor Bruno de Sousa pela disponibilidade e empenho que demonstrou sempre que recorri à sua ajuda.

Ao José Carlos Costa (akiabixo) pela simpatia com que se disponibilizou a fornecer as amostras estudadas na dissertação.

À Professora Doutora Luísa Louro Martins e Professor Doutor Miguel Mourato pela bondade com que se disponibilizaram para me ajudar.

Ao IPMA, nomeadamente à Dra Narcisa Bandarra e à D. Júlia que me deram a oportunidade de fazer uma das partes mais importantes do trabalho.

À D. Paula e ao Miguel Martins pelo trabalho que tiveram com as minhas amostras, ajuda fundamental.

Ao Daniel Duarte por tudo o que me ensinou, pelos conselhos que me deu, pela paciência inesgotável que teve para me explicar todos os processos laboratoriais que necessitei de aprender.

À Patrícia Fradinho, por todo o apoio compreensão e preocupação que sempre demonstrou ter comigo.

À Filipa Pinto, Joana Sales e Inês Moreira pelo esforço que fizeram para ter tempo para me orientar no laboratório quando foi necessário.

À Vanessa Batista, Filipa Neto, César, Diana, Miguel Gama e Flávio, por todas as vezes em que precisei e obtive um sorriso e prontidão para uma ajuda.

À minha amiga Maria Gomes pela preciosa ajuda que me deu na formatação do documento e por todos os conselhos práticos. E à minha amiga Catarina Soares pela ajuda que me deu na tradução dos resumos para Inglês.

Aos meus amigos, primos e restantes colegas que demonstraram interesse e me motivaram no tema escolhido, um sincero obrigada.

Aos meus Pais, irmãos e namorado, pelo incentivo, apoio, compreensão e ajuda incondicionais ao longo de todo o percurso pela universidade e especialmente agora na fase final da dissertação.

## Resumo

Há muitos séculos que os insetos desempenham um papel fundamental na alimentação, não só de muitos animais, como também de humanos. Os insetos são um recurso utilizado por muitas populações devido à sua palatibilidade, crenças e tradições culturais, mas principalmente devido à riqueza nutricional. O presente estudo teve por objetivo estudar larvas de *Tenebrio molitor* e grilos da espécie *Acheta domesticus* como possíveis fontes proteicas e alimentares. As duas espécies foram adquiridas diretamente num produtor de insetos e liofilizadas. As amostras caracterizaram-se por apresentar elevados teores proteicos, 45% (m/m) para a espécie *A. domesticus*, 44% (m/m) para as larvas de *T. molitor* e um teor de gordura bruta de 18% para ambas as espécies. Foram quantificados os ácidos gordos revelando que 28,9% e 32,9% da gordura total de *A. domesticus* e *T. molitor* respetivamente, são ácidos gordos essenciais (, linoleico e  $\alpha$ -linolénico). As duas espécies podem constituir fontes de minerais nomeadamente dos microelementos essenciais ferro e zinco (8,65 e 9,2 mg de Fe /100g m.s. e 8,15 e 6,17 mg de Zn /100g m.s. para o *A. domesticus* e *T. molitor* respectivamente) e do Manganês (2,5 mg/100g m.s. para *A. domesticus* apenas).

**Palavras-chave:** insetos; alimentação; nutrientes; proteína; ácidos gordos; minerais

## **Abstract**

For centuries, insects have played an important role in food, not only for primates but also humans. Insects are considered a valuable resource used by several populations across the world, due to palatability, beliefs, cultural traditions, but mainly because of its nutritional value. The main purpose of this study was to analyze larvae of *Tenebrio molitor* and crickets *Acheta domestica* as possible food source. Both species have been acquired directly from an insects' producer and afterwards freeze-dried. The samples reflect high protein contents, 45% for *A. domestica*, 44% for *T. molitor*, and a crude fat level of 18% for both of them. Fatty acids have been quantified unveiling that percentages of 28,9% and 32,9% of the total amount of crude fat of *A. domestica* and *T. molitor* represent essential fatty acids (linoleic and  $\alpha$ -linolenic). Furthermore both species may be considered as mineral sources due to essential microelements content of iron and zinc (8.65 and 9.2 mg of iron /100g d.m. and 8.15 and 6.17 mg of zinc /100g d.m. for *A. domestica* and *T. molitor* respectively) and also manganese content (2.5 mg/100g d.m., for *A. domestica*).

**Keywords:** insects; food; nutrients; protein; fatty acids; minerals

## Extended Abstract

For centuries, insects have played an important role in food, not only for primates but also humans. This practice is called entomophagie and it is particularly common in Asia, Africa and South America. Until now it has been practiced, sometimes as an emergency, but in many cases as a symbol of luxury. Insects are considered a valuable resource used by several populations around the world, due to palatability, beliefs, cultural traditions, but mainly because of their nutritional value. As it happens the subject lies open for investigation and many studies have already been made to assess how exactly insects may contribute to our lives as a food resource. Most authors confirm that eating insects could be a very important achievement especially in western countries as it has potential in many aspects including alternative protein sources for both humans and animals, and also as a possible means to reduce prices in animal feed. Moreover the utilization of this resource on a large scale has proved to be beneficial when it comes to environmental impact: insect breeding produces substantially fewer greenhouse gases to the atmosphere than conventional livestock. The main purpose of this study was to analyze larvae of *Tenebrio molitor* and crickets *Acheta domesticus* as a possible food source, by quantification of its nutritional value. Both species have been acquired directly from an insect producer and afterwards freeze-dried and stored at – 80 C till further analysis. The samples reflect high protein contents, 45% for *A. domesticus*, 44% for *T. molitor*, and a crude fat level of 18% for both of them. Fatty acids have been quantified, unveiling that percentages of 28,9% and 32,9 % of the total amount of crude fat of *A. domesticus* and *T. molitor* represent essential fatty acids (linoleic and  $\alpha$ -linolenic). Furthermore both species may be considered as mineral sources due to essential microelements contents of iron and Zinc (8.65 e 9.2 mg of Fe /100g d.m. and 8.15 e 6.17 mg of Zn /100g d.m. for *A. domesticus* and *T. molitor* respectively). *A. domesticus* also have a substantial proportion of manganese (2.5 mg/100g d.m.). In conclusion both species studied proved to have the potential to be used in foods due to protein and fat content. Ratios between unsaturated and saturated fatty acids may be considered beneficial also, for most of the unsaturated fatty acids are essentials.

---

# Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo .....	i
Abstract .....	ii
Extended Abstract .....	iii
Índice.....	iv
Índice de figuras .....	vi
Índice de tabelas.....	vii
Abreviaturas .....	viii
1. Introdução e objetivos.....	1
2. Enquadramento teórico.....	4
2.1. Entomofagia.....	4
2.2. Insetos .....	4
2.2.1. Insetos comestíveis.....	5
2.2.2. Do preconceito à prática .....	6
2.2.3. Consumo no mundo.....	8
2.2.4. Vantagens nutricionais .....	10
2.2.5. Vantagens ambientais e económicas.....	20
2.2.6. Perspetivas de segurança alimentar .....	21
2.3. Insetos para lá da entomofagia .....	22
3. Materiais e métodos.....	24
3.1. Materiais .....	24
3.1.1. Reagentes utilizados.....	24
3.1.2. Matéria-prima.....	25
3.2. Métodos analíticos .....	26
3.2.1. Humidade.....	26
3.2.2. Cinza.....	27

3.2.3. Minerais .....	27
3.2.4. Proteína bruta, fração de proteína solúvel em água, cloreto de sódio e etanol e proteína insolúvel .....	28
3.2.5. Gordura bruta.....	28
3.2.6. Atividade antioxidante .....	32
3.3. Análise estatística dos resultados .....	33
4. Resultados e discussão .....	34
4.1. Composição centesimal .....	34
4.2. Fração de proteína solúvel em água, cloreto de sódio e etanol e proteína insolúvel.....	35
4.3. Minerais .....	36
4.4. Classes de lípidos .....	37
4.5. Perfil de ácidos gordos.....	39
4.6. Atividade antioxidante .....	41
4.7. Análise multivariada dos resultados .....	42
5. Conclusões.....	45
6. Propostas de trabalhos futuros .....	46
7. Bibliografia .....	47
Anexos .....	54

## Índice de figuras

Figura 1. Larvas da espécie <i>Tenebrio molitor</i> .....	25
Figura 2. Grilo da espécie <i>Acheta domesticus</i> . ....	25
Figura 3. Larvas de <i>T. molitor</i> liofilizadas em pó. ....	25
Figura 4. Larvas de <i>T. molitor</i> liofilizadas. ....	25
Figura 5. Larvas <i>T. molitor</i> desidratadas. ....	26
Figura 6. Grilos <i>A. domesticus</i> desidratados. ....	26
Figura 7. Cinza da amostra <i>A. domesticus</i> (Direita); Cinza da amostra <i>T. molitor</i> (Esquerda).....	27
Figura 8. Representação esquemática da placa TLC.....	30
Figura 9. Separação por TLC das classes dos lípidos extraídos das espécies <i>A. domesticus</i> (B) e <i>T. molitor</i> (A). ....	38
Figura 10. Projeção dos parâmetros físico-químicos analisados no plano definido pelas duas primeiras componentes principais.....	43
Figura 11. Projecção das amostras analisadas e de amostras referidas em bibliografia no plano definido pelas duas primeiras componentes principais, com grupos homogéneos assinalados.....	44
Figura 12. Extrato lipídico obtido para a espécie <i>T. molitor</i> . ....	55
Figura 13. Curva de calibração com Trolox para o método DPPH .....	55
Figura 14. Análise de <i>cluster</i> : separação dos indivíduos em grupos homogéneos .....	56

## Índice de tabelas

Tabela 1. Composição centesimal (m.s.) de alguns insetos, carne, soja e cogumelos.....	12
Tabela 2. Teor de aminoácidos essenciais; semi essenciais e não essenciais (m.s.) presentes nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> e na carne de vaca (mg/g de proteína).....	13
Tabela 3. Teor de ácidos gordos (m.s.) em várias ordens de insetos, nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> , na carne de bovino, de suíno, soja, cogumelos e azeite. .	14
Tabela 4. Ácidos gordos (m.s.) presentes nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> (g/100g de gordura).....	15
Tabela 5. Ácidos gordos (m.s.) presentes nas carnes de bovino, suíno, salmão, cogumelos e soja (g/100g de gordura).....	15
Tabela 6. Vitaminas (m.s.) nas duas espécies em estudo, soja, cogumelos e respectivas Doses Diárias Recomendadas (DDR).....	17
Tabela 7. Vitaminas (m.s.) presentes em carne de bovino e de suíno com diferentes teores de gordura e respectivas DDR. ....	17
Tabela 8. Composição mineral (m.s.) dos insetos <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> , de carne de bovino, de suíno, Soja e cogumelos (mg/100g) e respectivas DDR (mg/dia) .	19
Tabela 9. Teor de gordura, proteína e cinza (m.s.) das espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> .....	34
Tabela 10. Percentagem de proteínas solúveis em água, cloreto de sódio e etanol, nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> .....	36
Tabela 11. Minerais (m.s.) presentes nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> (mg/100g).....	37
Tabela 12. Classes de lípidos (m.s.) presentes nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> .....	39
Tabela 13. Ácidos gordos (m.s.) presentes nas espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> (g/100g de matéria gorda).....	40
Tabela 14. Atividade antioxidante das espécies <i>A. domesticus</i> e <i>T. molitor</i> expressa em TEAC.....	41
Tabela 15. Perfil completo dos ácidos gordos analisados em GC (g/100g de gordura).....	54

## Abreviaturas

A	Adulto
Ad	Adaptado
AO	Antioxidante
CH	<i>Cholesterol</i> (colesterol)
CHE	<i>Cholesterol ester</i> (éster de colesterol)
DAG	Diacilglicerol
DDR	Dose diária recomendada
DM	<i>Dry Matter</i> (matéria seca)
DPPH	<i>2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl</i> (2,2-difenilo-1-picrilohidrazilo)
FFA	<i>Free fatty acids</i> (ácidos gordos livres)
G	Gordo
Grilo*	Amostra de <i>A. domesticus</i> utilizada no presente trabalho
H	Humidade
HACCP	<i>Hazard analysis and critical control point</i> (Análise de perigos e pontos críticos de controlo)
HC	Hidrocarbonetos
I	Insolúveis
L	Larva
Larva*	Amostra de <i>T. molitor</i> utilizada no presente trabalho
Lip	Lípidos
M	Magro
m.s.	Matéria seca
MAG	Monoacilglicerol

MUFA	<i>Monounsaturated fatty acids</i> (ácidos gordos monoinsaturados)
N	Ninfa (imaturado de inseto hemimetabólico)
PL	<i>Phospholipids</i> (fosfolípidos)
PM	Padrão misto
Prot	Proteína
PUFA	<i>Poliunsaturated fatty acids</i> (ácidos gordos polinsaturados)
RSA	<i>Radical scavenging activity</i> (Capacidade captora de radicais)
S	Solúveis
SFA	<i>Saturated fatty acids</i> (ácidos gordos saturados)
TAG	Triacilgliceróis
TEAC	<i>Trolox equivalent antioxidant capacity</i> (capacidade antioxidante em equivalentes de trolox)
TLC	<i>Thin layer chromatography</i> (cromatografia de camada fina)
UFA	<i>Unsaturated fatty acids</i> (ácidos gordos insaturados)

\*Apenas se aplica a referida definição no capítulo 4.6. Análise multivariada dos resultados.

# 1. Introdução e objetivos

A classe dos insetos tem uma enorme diversidade, pelo que estes são aproveitados por todo o mundo, nas mais diversas áreas: indústria, medicina, ecologia, investigação e alimentação. Por exemplo, o bicho-da-seda é explorado na Ásia, para produção de seda natural. O mel e o própolis são recursos, provenientes de insetos, abelha melífera, que são produzidos e utilizados em todo o mundo, tanto na alimentação como em cosméticos e fármacos. Outros insetos contêm compostos corados ou produzem secreções que extraídos podem ser utilizados na indústria alimentar, têxtil, cosmética e em pintura. Até por questões de estética são criados alguns grupos de insetos, quer para coleção (borboletas) quer para aproveitamento de asas coloridas, ou outras partes do corpo, em joalheria, cerâmica, bordados, entre outros. Também em investigação forense se torna importante o uso de insetos, uma vez que dependendo da espécie e do estado de desenvolvimento em que se encontram os insetos que se alimentam do cadáver, é possível ter uma estimativa do intervalo pós-morte. Do foro ecológico é conhecida a sua utilização como agentes de luta biológica contra diversas pragas de culturas agrícolas e florestais. O uso de insetos na medicina tradicional é uma prática que já tem centenas de anos, assim como o seu uso como alimento em alguns locais (Lokeshwari & Shantibala, 2010). Neste último aspeto, é de referir que os insetos constituem parte fundamental da alimentação de muitos humanos e também de outros primatas (Raubenheimer & Rothman, 2013).

A entomofagia é uma prática humana, que já tem alguns milénios. Se muitos animais já o faziam, alguns humanos não de ter adotado o mesmo tipo de alimentação, trazendo-a até aos dias de hoje. Seja ela por emergência de recursos alimentícios, por questões de cultura ou até como sinónimo de luxo (Durst & Shono, 2010). Embora ainda haja muita reticência e preconceito, por parte da maioria dos países desenvolvidos da Europa e também dos Estados Unidos da América, em aderir a este tipo de alimentação, por ser considerada primitiva, é preciso ver que não é só em países do terceiro mundo que o consumo de insetos faz parte do dia-a-dia. No Japão, por exemplo, os insetos são aproveitados como recurso alimentar de grande valor. Mesmo na Europa, países como a Croácia e a Itália, consomem alguns produtos contendo insetos que são considerados iguarias raras e “valiosas” (Raubenheimer & Rothman, 2013).

Esta abordagem da entomofagia em Portugal surge numa altura em que já cerca de um terço da população mundial consome insetos como alimento (van Huis, et al.,

2013). Anterior a esta realidade é o facto de na África e na Ásia, por exemplo, comer insetos ser uma prática corrente, sendo vista como uma forma sensata de aproveitar um recurso natural (Santos Oliveira, et al., 1976). Além disso este tipo de alimento é, em muitos casos, uma fonte importante de rendimento familiar (DeFoliart, 1995).

O crescimento da população mundial e a escassez de recursos alimentares, que se diz estar a aproximar, são outras das principais razões que levam a população, nomeadamente da Europa, a olhar com mais interesse e de outro modo para a entomofagia.

As larvas de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) e os adultos de grilo doméstico *Acheta domesticus* (L.) (Orthoptera: Gryllidae) são duas espécies presentes na fauna da Península Ibérica, disponíveis comercialmente no nosso país, utilizadas noutras partes do mundo para alimentação e das quais se conhecem algumas características interessantes do foro nutricional. O grilo doméstico *A. domesticus* é originário do sudoeste da Ásia, mas encontra-se largamente distribuído pelo mundo devido à acção do Homem. Estes grilos são encontrados com frequência em diversos países da Europa. O seu desenvolvimento completa-se em cerca de 2 a 3 meses a uma temperatura entre os 26 °C e os 30 °C (Walker, 2014). A espécie *T. molitor* é nativa da Europa, mas devido à facilidade de reprodução e alimentação que apresenta, também já se encontra distribuída pelo mundo todo sendo uma das pragas mais importantes de produtos armazenados. Trata-se de uma praga frequentemente encontrada em armazéns de produtos de cereais (Elpidina & Goptar, 2007). O seu ciclo de desenvolvimento pode demorar entre 280 a 630 dias, dependendo das várias condições em que esteja a crescer. No entanto, o normal é a larva atingir o estado adulto em 3 a 4 meses. Idealmente, para que o crescimento seja ótimo, a temperatura deve estar a cerca de 27°C e a humidade baixa (Siemianowska, et al., 2013).

Tanto *A. domesticus* como *T. molitor* são espécies que se adaptam ao clima de Portugal, sendo possível criar as condições ótimas para o seu crescimento. Tal como se faz noutros países para obter uma produção em massa com o fim de utilizar os insetos como alimento para animais, poder-se-á fazer o mesmo para a alimentação humana.

Face ao exposto, o objetivo do presente trabalho é estudar, ao nível nutricional, a potencialidade da entomofagia em Portugal. Com base nas duas espécies acima referidas, pretende-se ter um melhor conhecimento acerca da sua composição nutricional, para possível viabilização do aproveitamento de um recurso alimentício que não é valorizado no nosso país, mas que pode ser adaptado como alimento para a população portuguesa.

Numa primeira abordagem teórica será exposto o tema sob várias perspectivas, começando por uma base informativa e posteriormente analisando cada situação em que se aplica a entomofagia.

## 2. Enquadramento teórico

### 2.1. Entomofagia

Entomofagia é o termo que designa a prática do consumo de insetos, como alimento, pelos animais e, em particular, pelo Homem.

No geral, existem três formas principais de entomofagia. A primeira e mais básica é a ingestão do inseto visível e reconhecível como tal. A segunda forma é transformar o inseto em pó ou farinha para incorporação em massas utilizadas na alimentação. E, por fim, a terceira consiste em consumir apenas um extrato do inseto, como por exemplo uma das suas proteínas isolada (Klunder, et al., 2012).

É uma prática corrente em diversas regiões no mundo, principalmente em África, Ásia e América do Sul. Na Europa foi recentemente que começou a ter algum interesse e adesão por parte das pessoas (Halloran & Vantome, 2013).

Tal como muitas práticas culturais, a alimentação é também influenciada por crenças religiosas. É possível encontrar em literatura de várias religiões (cristã, judaica, islâmica) passagens que sugerem ou descrevem comportamentos entomófagos.

A primeira referência a esta realidade no continente europeu remonta ao século IV a.C. altura em que, na Grécia, comer cigarras era considerado fino e delicado (van Huis, et al., 2013).

### 2.2. Insetos

Os insetos são seres vivos invertebrados que pertencem ao reino Animalia, ao filo Arthropoda, ao subfilo Hexapoda e à classe Insecta. Os insetos apresentam, além das características comuns a todos os artrópodes, como corpo segmentado, com os segmentos agrupados em três regiões distintas, revestimento por um exosqueleto contendo quitina, armadura bucal projetada para fora da cavidade oral, aparelho digestivo tubular, aparelho circulatório aberto constituído por um vaso dorsal com aberturas para a cavidade geral do corpo e cordão nervoso ventral, características diferenciadoras da classe Insecta. Distinguem-se por terem o corpo dividido em três regiões distintas: cabeça, tórax e abdómen. Na cabeça apresentam um par de

antenas, normalmente um par de mandíbulas e um par de maxilas (dependendo do tipo de armadura bucal), olhos (compostos ou com facetas) e frequentemente ocelos. No tórax distinguem-se três segmentos, o protórax, o mesotórax e o metatórax. Em cada um destes segmentos existe um par de patas (ou seja, apresentam três pares de patas no total), no caso de não serem ápteros. É também no tórax que se encontram vulgarmente dois pares de asas (Passos de Carvalho, 1986).

A classe dos insetos está dividida em duas subclasses principais: Apterygota e Pterygota. Da subclasse Apterygota, fazem parte os insetos que não têm asas (ápteros) e que não sofrem metamorfoses (as formas imaturas são semelhantes às formas adultas). Por sua vez, à subclasse Pterygota, pertencem os seres vivos alados ou secundariamente ápteros. Esta subclasse está dividida em Exopterygota e Endopterygota consoante os seres vivos apresentem metamorfoses incompletas (hemimetabólicos: ovo; ninfa; adulto) ou completas (holometabólicos: ovo; larva; pupa; adulto) respetivamente (Anónimo, 2009). As principais ordens pertencentes à divisão Exopterygota são: Hemiptera (afídios, moscas brancas, cigarras, percevejos...), Orthoptera (gafanhotos, grilos...), Dictyoptera (térmitas, louva-a-Deus e baratas) e Odonata (libelinhas). A divisão Endopterygota inclui as ordens: Coleoptera (escaravelhos), Diptera (moscas, mosquitos...), Hymenoptera (abelhas, vespas, formigas...) e Lepidoptera (lagartas, traças, borboletas...) (Figueiredo, 2009).

### 2.2.1. Insetos comestíveis

Em termos de comestibilidade e tendo em conta que, por todo o mundo, existem de facto populações que se alimentam deste tipo de seres vivos, vários estudos estimaram quais as espécies mais consumidas. Segundo muitos autores, “são consumidas mais de 1900 espécies de insetos comestíveis” (Halloran & Vantome, 2013). Cerca de 31% desse consumo corresponde a espécies da ordem Coleoptera, 18% de Lepidoptera, 14% de Hymenoptera, 13% de Orthoptera, 10% de Hemiptera, 3% de Dictyoptera, 3% de Odonata, 2% de Diptera e 5% corresponde a espécies pertencentes às restantes ordens não referidas no presente trabalho.

Sendo tão diversas as espécies comestíveis, também os estados de desenvolvimento no qual os insetos são ingeridos diferem em cada caso. Por exemplo, os insetos da ordem Coleoptera, são geralmente consumidos no estado larvar – por exemplo, o gorgulho da palmeira *Rynchophorus phoenicis* (Fab.) em África, *R. palmarum* (L.) na América e *R. ferrugineus* (Olivier) na Ásia (esta última espécie é uma

praga invasora que está a dizimar as palmeiras em Portugal), e na Europa *Tenebrio* spp. As borboletas e traças (Lepidoptera) são consumidas tanto no estado adulto (*Daphnis* spp na Republica Democrática de Laos), como no estado larvar (*Imbrasia belina* (Westwood) em África). Da ordem Hymenoptera, são procurados os ovos (ex. formigas na Tailândia), mas também larvas (vespas no Japão) e insetos adultos (formigas tecedeiras na Ásia). Por sua vez os gafanhotos e grilos da ordem Orthoptera comem-se no estado adulto. Na ordem Hemiptera encontram-se diversas formas de consumo. Por exemplo, as cigarras são consumidas no estado adulto (no Malawi). De outras espécies desta ordem apenas se aproveitam secreções ou extratos (como o carmim, corante extraído de cochonilhas). O caviar mexicano (hahuahutle) é constituído por ovos de hemípteros aquáticos (da família Corixidae). Por fim da ordem Dictyoptera, subordem Isoptera, as térmitas são praticamente os únicos insetos que são ingeridos, no estado adulto, assim como as baratas, subordem Blattaria, em alguns locais (van Huis, et al., 2013).

### 2.2.2. Do preconceito à prática

São muitas as causas que levam ao consumo de insetos. Uma de muitas, terá sido por meras questões fisiológicas e escassez de recursos. Alguns entomófagos terão incluído os insetos na alimentação como um ato de emergência, uma vez que grandes quantidades dos mesmos lhes compensariam a falta de proteína e gordura animal (Bodenheimer, 1951). Mesmo não conhecendo o seu valor nutricional, como hoje o podemos conhecer, eles teriam essa intuição pelo bem-estar que manifestariam (Ramos-Elorduy, 1997). No entanto, contrariamente ao que se julga, não foram só questões de défice nutricional que levaram ao consumo de insetos. Pelo contrário, a palatabilidade sempre foi um fator determinante na entomofagia desde o seu início até aos dias que correm. Tradicionalmente os insetos fizeram parte da alimentação em praticamente todo o mundo e ao contrário do que se pensa, a Europa não foi exceção. Até meados do século XIX, em países como França e Itália, consumiam-se insetos pelo seu valor nutricional (Illgner & Nel, 2000). Em muitos locais, incluindo na Europa, comer insetos era uma prática das elites sociais (van Huis, et al., 2013) (Bodenheimer, 1951). Em França serviam-se larvas de gorgulho da palmeira em locais luxuosos que apresentavam no ocidente as iguarias da gastronomia indiana. Isto seria levado com bastante entusiasmo por parte dos próprios europeus. Muitos até se tornaram adeptos desses alimentos (Smeanthman, 1781).

Hoje em dia esta é uma realidade que para muitos foi esquecida, mas que para tantos outros é uma mais-valia. Por exemplo, na maior parte da Europa não há memória da última vez em que fosse normal ver um inseto no prato.

No entanto, não é difícil associar os continentes asiático e africano à entomofagia. As suas práticas culturais são bastante diferentes das ocidentais. Sendo a cultura um dos fatores determinantes no que diz respeito ao que é ou não comestível e tendo em conta que os cinco continentes evoluíram de forma tão desigual, é natural que em todas as partes do mundo alguns alimentos sejam vistos como estranhos ou até como primitivos. Para nós ocidentais os insetos passaram a ser um alimento primitivo, que embora esteja disponível em lojas especializadas, é visto como uma iguaria rara em vez de ser utilizado como um alimento regular no dia-a-dia (Smith & Pryor, 2012). Por sua vez, em populações asiáticas ou africanas é considerado repugnante comer ostras cruas ou pernas de rã (Holt, 1885). Ainda assim, a educação com base em valores ocidentais é tida como a mais correta, dando origem a uma série de preconceitos e modos de viver que tendem a espalhar-se pelo resto do mundo, levando inclusive a mudanças de hábitos e culturas (Illgner & Nel, 2000).

A globalização dos hábitos alimentares ocidentais leva a que muitos países, considerados não desenvolvidos, deixem cair a prática da entomofagia, por esta ser vista como uma forma rudimentar de alimentação no ocidente. Quando isso acontece há um défice nutricional na alimentação do país em questão, que nem sempre é devidamente assegurado por outros recursos alimentares, uma vez que estes podem não estar disponíveis. Talvez por isso seja importante uma reeducação ao nível de certos costumes não aceites nos países ocidentais de tal forma que não haja desperdício de recursos alimentares, principalmente em locais aonde exista escassez dos mesmos (DeFoliart, 1999). Está na altura de ultrapassar o preconceito por nós inventado.

Até agora podem identificar-se duas das razões, para além da palatabilidade que levam à ingestão de insetos: o valor nutricional e as questões sócio-económicas. De facto, os insetos já fazem parte de muitas dietas, constituindo uma alternativa aos convencionais alimentos de origem animal, pela sua riqueza em proteína, gordura e alguns minerais (van Huis, et al., 2013).

Mas existem outros desafios que se pretendem levar a cabo. O crescimento demográfico e a diminuição das populações nas áreas rurais leva a que seja necessário desenvolver a agricultura de forma sustentável e ao mesmo tempo garantindo alimentação suficiente para a crescente população das zonas urbanas (FAO, 2014). Esta questão leva-nos a considerar os insetos como um recurso

alimentar sustentável, quer a nível ambiental quer a nível de subsistência (van Huis, 2013). Em primeiro lugar, a criação/utilização de insetos emite muito menos gases com efeito de estufa do que a pecuária; a libertação de amoníaco associada à sua criação é muito mais baixa do que na pecuária; a criação de insetos é uma prática que não esgota o solo; os insetos têm um melhor índice de conversão e podem ser alimentados com resíduos orgânicos. Em segundo lugar, a colheita e a criação de insetos é uma atividade que não requer muita tecnologia nem grande investimento, pelo que se apresenta como uma oportunidade de subsistência até para os mais carenciados da sociedade, quer em zonas rurais quer em zonas urbanas. Pode, no entanto, ser uma prática mais complexa dependendo do investimento que seja possível aplicar. De referir que a questão dos custos associados às explorações de insectos é ainda muito discutível, sendo causa de bastante polémica, especialmente se a criação dos insectos tiver como fim a alimentação animal e humana. (van Huis, et al., 2013)

Embora esta seja uma realidade que se adequa mais a países em desenvolvimento, não deixa de ser interessante noutras partes do mundo não tão acostumadas com a entomofagia. Em Portugal não se pode falar em crescimento demográfico ou em fome (Delgado & Wall, 2014). No entanto, tendo em conta a crise atual e a taxa de desemprego que o país enfrenta, é oportuno falar em criação de novas oportunidades, sem exceção. Porventura, ao incluir os insetos na dieta dos portugueses estaremos a abrir portas a um produto alimentar que pode ser inovador e ao mesmo tempo nutritivo.

### **2.2.3. Consumo no mundo**

É preciso ter consciência das situações diferentes em que se insere a entomofagia. Nos países onde atualmente se consomem insetos, as populações fazem-no por questões de cultura e tradição alimentar. Em muitos destes locais está a ser explorada a criação de insetos, em detrimento da sua captura na natureza, tornando esta prática numa forma de rendimento sustentável. Por sua vez, alguns países em que não se pratica a entomofagia, começam a querer incluir os insetos na alimentação como uma fonte inovadora de nutrientes (Itterbeeck, 2008).

Em África, os insetos desempenham um papel importante na alimentação de muitos países, na medida em que fornecem percentagens relevantes de proteína animal produzida, relativamente à que é adquirida em atividades como a pesca ou a

pecuária, ajudando a reduzir o déficit proteico existente especialmente nos meses de maiores carências ( (Fasoranti & Ajiboye, 1992) (Kumar, 1990) (Richards, 1940)). Em alguns casos devido à reduzida atividade agropecuária, os insetos passam a ser a mais importante fonte de proteína (Leleup & Daems, 1969) e de vitaminas (Kodondi, et al., 1987). Muitos chegam a ser vendidos a preço superior ao da carne, sendo também procurados por turistas. Apesar de a disponibilidade durante todo o ano ser elevada, o consumo de térmitas e lagartas (o mais comum em África) aumenta especialmente na época das chuvas, altura em que diminui o acesso a alimentos convencionais como a carne e peixe (van Huis, et al., 2013)

Na Ásia, tal como em África, muitas populações rurais consomem insetos, como fonte de proteína essencial mais facilmente disponível e mais barata do que carne e peixe (Gope & Prasad, 1983). Mas no geral, a principal razão pela qual os insetos fazem parte da alimentação na Tailândia é por questões de prazer. Hoje em dia, muitos turistas procuram refeições com insetos, não só nesses locais, mas também, em zonas menos próximas, como acontece, por exemplo, na Tailândia, de tal forma que em Banguete a entomofagia se tornou numa prática comum até para os estrangeiros (Yen, 2009).

Na América Latina há consumo de insetos principalmente em várias zonas da região da Amazónia, México, Colômbia, Brasil e Venezuela. Mais uma vez este consumo está associado a indígenas e pequenas populações que o fazem principalmente nos meses de chuva (van Huis, et al., 2013) e nas alturas em que o milho e feijão são menos abundantes (Acuña, et al., 2011) de forma a completar e equilibrar a sua alimentação.

Nestas três principais grandes regiões entomófagas (África, Ásia e América Latina), em alguns dos locais (principalmente nas zonas rurais), ainda se recorre à colheita dos insetos na natureza, ainda que os mesmos já façam parte da alimentação desde tempos remotos (Mitsuhashi, 1997). Isto em muitos casos leva a um esgotamento do ecossistema local que por sua vez interfere com a cadeia alimentar natural (Yhoun-Aree & Viwatpanich, 2005). Para evitar que ocorram essas “crises” na biodiversidade, novas técnicas e sistemas de criação já estão a ser desenvolvidos em alguns países, como Laos (FAO, 2011), Tailândia (Hanboonsong, et al., 2013) e outros, para que possa vir a ser uma atividade sustentável para o ambiente e para a economia de pequenas sociedades rurais. Existem também casos de alguns insetos que sendo considerados importantes na alimentação, são desde logo explorados e semicultivados pelos povos entomófagos para que haja um maior proveito do recurso alimentar. É, por exemplo, o caso das abelhas para obtenção de mel e do bicho-da-

seda, que para além de ser criado para produção de seda, em muitos locais é utilizado também no estado de pupa para alimentação (Rumpold & Schlüter, 2013).

Independentemente das diversas situações em que são consumidos, nos últimos anos tem havido muito trabalho de investigação e divulgação no sentido de promover os insetos na alimentação. Não só através de programas de melhoramento e otimização do seu consumo em países e locais entomófagos, mas também através de reuniões científicas, sessões de trabalho e *workshops*, que dão a conhecer esta realidade e as suas vantagens em países que apresentem potencial para exploração deste recurso alimentar (Durst, et al., 2010).

Existe de facto uma fonte de proteína animal por explorar em todo o mundo. Apesar de já ser reconhecida até pelas classes mais altas, continuam a ser gastos milhões de euros para matar pragas que contêm cerca de 75% de proteína animal de boa qualidade, de forma a salvar culturas que apenas nos fornecem cerca de 14% de proteína vegetal (Premalatha, et al., 2011), muitas vezes com meios de proteção do ponto de vista toxicológico pouco recomendáveis, sobretudo nos países em desenvolvimento.

### **2.2.4. Vantagens nutricionais**

Contrariamente à tendência que existe, especialmente nos países desenvolvidos e considerados modernos, de considerar a entomofagia como uma prática rudimentar, primitiva e pouco saudável, é necessário tomar conhecimento daquilo que se está a por em causa (Harris & Ross, 1987). Comer insetos é de facto uma prática muito antiga, que percorreu o mundo e todas as suas classes sociais até aos dias de hoje. Não tendo ainda caído em desuso, permite que se possam estudar as circunstâncias e situações em que é praticada, para melhor perceber o seu interesse. Assim sendo, é fundamental investigar de forma mais profunda aquilo que pode ter valor nas sociedades que consideram não necessitar de o fazer. Os resultados de diversas pesquisas científicas, que têm sido feitas ao longo de vários anos e que continuam em desenvolvimento, confirmam que existem benefícios intrínsecos à inclusão dos insectos no mundo dos alimentos, em qualquer país ou sociedade (Konuma, 2012). O valor nutricional é sem dúvida uma das mais relevantes vantagens da entomofagia.

No entanto, é preciso também conhecer as dietas locais e os alimentos mais relevantes das mesmas, se o objetivo for recomendar os insetos como um complemento enriquecedor da dieta convencional em questão (van Huis, et al., 2013).

Foram levados a cabo vários estudos para conhecer o valor nutricional dos insetos que são comestíveis. Esses estudos comparam os valores obtidos com os valores dos alimentos convencionais, ou apenas informam sobre o conteúdo nutricional de algumas espécies. Os resultados são muito variados, não só devido à diversidade das espécies, mas também devido aos diferentes métodos utilizados para obtenção dos valores nutricionais. Por exemplo, o estado de desenvolvimento do inseto a analisar, a sua alimentação, o seu modo de consumo (frito, seco, fumado, cozido, etc.), são fatores que influenciam muito os resultados obtidos, fazendo muitas vezes com que fontes semelhantes não possam ser comparadas (van Huis, et al., 2013). Apesar de muitos dos trabalhos realizados terem como fim a alimentação animal, o objetivo principal, que é o da obtenção do valor nutricional, é comum e por vezes os métodos são os mesmos ou semelhantes.

No geral, considerando a pesquisa feita, vários autores chegam à conclusão que de facto os insetos comestíveis são boas fontes de proteínas, gordura, vitaminas, minerais e energia.

Foi feita uma compilação dos valores nutricionais de 236 insetos comestíveis, para dar uma ideia geral do valor que podem ter na alimentação (Rumpold & Schlüter, 2013). Na Tabela 1 pode observar-se a média do valor nutricional em cada uma das ordens da classe Insecta (Rumpold & Schlüter, 2013). Apresenta-se também o valor nutricional de duas espécies de insetos, referidos por outros autores, da soja, cogumelos (*Agaricus bisporus*), salmão e de peças de carne crua de bovino e de suíno (Ricardo Jorge, 2007). Estes últimos por constituírem fonte proteica usual entre os consumidores portugueses.

Tabela 1. Composição centesimal (m.s.) de alguns insetos, carne, soja e cogumelos.

Ordem/subordem	Proteína (%)	Gordura (%)	Fibra (%)	H.C. (%)	Cinza (%)	Fonte
Dictyoptera/Blatodea	57,3	29,9	5,3	4,5	2,9	(Rumpold & Schlüter, 2013)
Coleoptera	40,7	33,4	10,7	13,2	5,1	
Hemiptera	48,3	30,3	12,4	6,1	5,0	
Himenoptera	46,5	25,1	5,7	20,3	3,5	
Dictyoptera/Isoptera	35,3	32,7	5,1	22,8	5,9	
Lepidoptera	45,4	27,7	6,6	18,8	4,5	
Odonata	55,2	19,8	11,8	4,6	8,5	
Orthoptera	61,3	13,4	9,6	12,9	3,8	
<i>Acheta domesticus</i>	64,4	22,8	19,1	-	5,1	(Barker, et al., 1998)
<i>Tenebrio molitor</i>	51,9	31,1	14,5	-	4,3	
Bovino (lombo magro cru)	81,4	12,8	0	0	4,3	(Ricardo Jorge, 2007)
Bovino (meio gorda)	55,3	41,0	0	0	2,9	
Suíno (lombo cru)	79,3	16,8	0	0	3,9	
Suíno (costeleta gorda)	34,9	64,2	0	0	2,1	
Salmão	40,8	55,4	0	0	3,3	
Soja (grão cru)	36,4	21,4	15,9	20,3	5,6	
Cogumelos (crus)	24,3	6,8	31,1	6,8	12,2	

A proteína revela-se o nutriente presente em maior quantidade variando, dentro das várias ordens da classe Insecta, entre os 35% na ordem Dictyoptera, subordem Isoptera e os 61% na ordem Orthoptera (percentagens de matéria seca) (Rumpold & Schlüter, 2013). Mas, por exemplo, em algumas ordens existem espécies cujo teor proteico chega a atingir 81% de matéria seca (van Huis, et al., 2013).

Muito embora os teores de proteína sejam bastante elevados, devemos ter em conta a qualidade nutricional da proteína que é determinada pelo seu conteúdo em aminoácidos e pela sua digestibilidade. É fundamental a razão entre os aminoácidos essenciais e não essenciais (Smith & Pryor, 2012). Segundo um estudo feito em 78 insetos, o teor de aminoácidos essenciais, isoleucina, leucina, treonina, lisina, fenilalanina, tirosina, metionina, cisteína e triptofano pode chegar a cerca de 96%, ultrapassando os valores diários recomendados, enquanto a digestibilidade da matéria seca pode atingir os 98% da proteína total (Ramos-Elorduy, 1997).

Na Tabela 2 estão representados os teores (Ad. de Finke (2002)) de cada aminoácido encontrados nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* e na carne de bovino. Nestes insetos os aminoácidos essenciais representam cerca de 40% dos aminoácidos totais, enquanto na carne de bovino os aminoácidos essenciais representam apenas 35%. Com exceção da metionina, todos os aminoácidos se apresentam em maior quantidade na proteína dos insetos das espécies em estudo do que na carne de bovino.

Tabela 2. Teor de aminoácidos essenciais; semi essenciais e não essenciais (m.s.) presentes nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* e na carne de vaca (mg/g de proteína)

Essenciais	<i>A. domesticus</i> (A)	<i>T. molitor</i> (L)	Bovino
Isoleucina	45,9	50,3	16
Leucina	100,0	106,4	42
Lisina	53,7	54,5	45
Metionina	14,6	12,8	16
Fenilalanina	31,7	35,3	24
Treonina	36,1	41,8	25
Triptofano	6,3	8	-
Valina	52,2	58,8	20
<b>Semi essenciais</b>			
Arginina	61,0	51,9	23
Histidina	23,4	31,6	20
Metionina+cisteína	22,9	21,4	22
Tirosina	48,8	74,5	22
<b>Não essenciais</b>			
Alanina	87,8	82,4	30
Ácido aspártico			52
Cisteína	8,3	8,6	5,9
Glicina	50,7	55,6	24
Ácido glutâmico	104,9	112,8	90
Prolina	56,1	69,5	28
Serina	49,8	51,3	27
Taurina			-
Fonte	Ad. de Finke (2002) por Rumpold e Schlüter (2013)		(van Huis, et al., 2013)

A: adulto; L: larva

Os insetos são também uma considerável fonte de gordura. Além da notável quantidade verificada nas várias ordens de insetos, entre os 13% e os 33% de matéria seca (Rumpold & Schlüter, 2013), o teor lipídico dos insetos comestíveis apresenta um valor adicional referente aos seus ácidos gordos. Na Tabela 3 pode ser analisado o perfil de ácidos gordos (Rumpold & Schlüter, 2013). A razão entre os três tipos de ácidos gordos SFA (*saturated fatty acids*), MUFA (*monounsaturated fatty acids*) e PUFA (*polyunsaturated fatty acids*) é importante para questões de saúde (Belluco, et al., 2013). Em algumas ordens de insetos apresentadas verifica-se uma presença dominante dos ácidos gordos monoinsaturados (os que apresentam maior benefício para a saúde). A razão entre SFA e UFA (*unsaturated fatty acids*) pode comparar-se à que se verifica na carne de frango e em alguns peixes. No entanto, as quantidades de ácidos gordos essenciais linoleico ómega-6 (C18:2  $\omega$ 6) e  $\alpha$ -linolénico ómega-3 (C18:3  $\omega$ 3) são maiores nos insetos (van Huis, 2013).

**Tabela 3. Teor de ácidos gordos (m.s.) em várias ordens de insetos, nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor*, na carne de bovino, de suíno, soja, cogumelos e azeite.**

Ordem	SFA (%)	MUFA (%)	PUFA (%)	SFA / UFA	Fonte
Coleoptera	38,5	35,7	27,1	0,61	
Diptera	33,0	47,2	15,9	0,52	
Hemiptera	43,9	32,4	22,9	0,79	(Rumpold & Schlüter, 2013)
Hymenoptera	29,9	48,8	21,2	0,43	
Isoptera	41,9	22,0	36,0	0,72	
Lepidoptera	37,0	23,4	39,8	0,59	
Orthoptera	32,1	29,4	37,1	0,48	
Dyctioptera	41,2	49,6	1,1	0,81	
<i>A. domesticus</i>	33,5	24,1	34,6	0,57	(Finke, 2002)
<i>T. molitor</i>	22,8	43,1	27,0	0,33	
Bovino (M)	42,4	42,4	6,1	0,88	
Bovino (G)	38,6	44,9	3,2	0,8	
Suíno (M)	34,0	34,0	17,0	0,67	(Ricardo Jorge, 2007)
Suíno (G)	34,3	33,3	16,4	0,69	
Salmão	19,2	45,7	23,3	0,28	
Soja	12,9	22,3	59,6	0,16	
Cogumelos	19,9	0	39,9	0,5	
Azeite	14,4	78,6	6,9	0,17	

M: magro; G: gordo

Nas tabelas 4 e 5 podem comparar-se os perfis de ácidos gordos presentes nos insetos das espécies *A. domesticus* e *T. molitor* (Tabela 4), com os que se encontram na carne de bovino, de suíno, salmão, cogumelos, soja e azeite (Tabela 5). Tanto nas duas espécies referidas como nos alimentos referidos, se pode verificar que existem ácidos gordos que se destacam em termos de quantidade. É o caso do ácido palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2). As proporções em que ocorrem variam entre si. Ainda nos insetos com um teor não tão elevado, mas não deixando de ser relevante, encontra-se o ácido gordo essencial  $\alpha$ -linolénico ( $\omega$ 3) numa quantidade igual ou até superior em comparação com a verificada em alguns dos restantes alimentos apresentados. Esta quantidade revela-se importante para a proporção  $\omega$ 6: $\omega$ 3 que tem vindo a aumentar com a evolução da sociedade, sendo muito elevada nos dias que correm, cerca de 10-20:1 (Simopoulos, 1999). O ideal seria que essa razão fosse 1-4:1, uma vez que o aumento da ingestão de  $\omega$ 3 e diminuição da ingestão de  $\omega$ 6 leva a um decréscimo da ocorrência de doenças crónicas, como as cardiovasculares, os diabetes, a obesidade, o cancro, entre muitas outras (Simopoulos, 2002).

Geralmente no estado de larva, os insetos contêm maior quantidade de gordura do que no estado adulto (Cerritos, 2009). Por sua vez a composição em ácidos gordos

está relacionada com as plantas com que se alimentam os insetos. A gordura insaturada presente é, no entanto, um fator limitante na conservação e processamento de produtos contendo insetos, uma vez que será substrato para reações de oxidação (van Huis, et al., 2013).

**Tabela 4. Ácidos gordos (m.s.) presentes nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* (g/100g de gordura)**

Ácido gordo	<i>T. molitor</i> (L)	<i>T. molitor</i> (L)	<i>A. domesticus</i> (N)	<i>A. domesticus</i> (A)	<i>A. domesticus</i> (A)
C12:0	<0,2	0,2	<0,3	0,3	0,3
C14:0	2,2	3,1	0,3	0,6	1,8
C15:0	<0,2	-	<0,3	0,3	-
C16:0	17,1	18,5	8,9	22,9	25,9
C16:1	2,6	2,1	0,4	1,3	2,1
C17:0	<0,2	0	0,2	0,3	0,20
C17:1	0,2	0	0,2	0,2	0
C18:0	2,9	8,6	4,3	8,5	6,1
C18:1	40,2	49,5	9,4	22,6	29,1
C18:2	25,9	21,8	16,8	33,7	29,1
C18:3	1,0	0,8	0,6	0,9	1,6
C20:0	0,2	0	0,4	0,6	0
Fonte	Ad. de Finke (2002)	(Tzompa-Sosa, et al., 2014)	Ad. De Finke (2002)		(Tzompa-Sosa, et al., 2014)

L: larva; A: adulto; N: ninfa

**Tabela 5. Ácidos gordos (m.s.) presentes nas carnes de bovino, suíno, salmão, cogumelos e soja (g/100g de gordura)**

Ácido gordo	Bovino	Suíno	Salmão	Cogumelos	Soja	Azeite
C12:0	0,1	0,3				
C14:0	2,7	3,3	3,7		0,1	
C15:0			0,3			
C16:0	25,0	22,2	17,9	11,9	12,3	12,6
C16:1	4,5	2,2	6,9			1,3
C17:0			0,3			0,1
C17:1			0,5			0,1
C18:0	13,4	18,1	5,3	0,6	3,5	3,4
C18:1	36,1	32,5	32,4	0	21,3	71,6
C18:2	2,4	2,7	9,5	67,1	53,9	9,5
C18:3	0,7	1,4	0,9	1,4	8,7	0,7
C20:0			0,4			0,4
Fonte	(Enser, et al., 1996)		(Larsen, et al., 2010)	(Kalac, 2009)	(Kim, et al., 2013)	(Mendoza, et al., 2013)

Considera-se que a maior parte da fibra presente esteja na forma de quitina, que é constituinte principal do exosqueleto dos insetos. Pensa-se também que a quitina seja indigesta, especialmente nos países ocidentais. No entanto, em países tropicais, devido ao maior hábito de ingestão de insetos, esta pode ser degradada, com produção de N-acetil-glucosamina, assimilável pelo organismo. A degradação é catalisada pela quitinase (Paoletti, et al., 2007). Mas outros estudos revelam que o conteúdo de fibra, presente nos insetos, seja constituído não só por quitina, mas também por quantidades significativas de aminoácidos que fazem parte de proteínas de estrutura. Não sendo por isso forçoso que insetos com um exosqueleto mais rígido contenham mais quitina do que os insetos mais macios (Finke, 2007). Segundo Finke (2007) as espécies *A. domesticus* (adultos) e *T. molitor* (larvas gigantes) contêm teores de quitina de 67,6 mg/kg e 55,7 mg/kg respetivamente, sendo que os adultos da espécie *T. molitor* contêm muito maior quantidade e as ninfas *A. domesticus* valores ligeiramente superiores. Embora existam bastantes dados relativos à composição dos insetos em fibra, os mesmos foram resultado de métodos muito distintos, pelo que não é viável a comparação entre eles.

Outra componente nutricional importante no estudo dos insetos comestíveis é o seu conteúdo em micronutrientes, como as vitaminas e minerais.

Algumas vitaminas são essenciais para os processos metabólicos e melhoria das funções do sistema imunológico, estando presentes na maioria dos insetos comestíveis estudados (van Huis, et al., 2013). Em média os teores de vitamina B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> são mais elevados nos insetos do que no pão integral. A vitamina B<sub>12</sub>, que apenas ocorre em alimentos de origem animal, tem valores relevantes nas espécies em estudo. Como se pode verificar na Tabela 6, em matéria seca, as larvas de *T. molitor* contêm cerca de 1,23 µg/100 g e os grilos *A. domesticus* cerca de 17,44 µg/100 g (em adultos) e 28,31 µg/100 g (em ninfas) (Finke, 2002). Observa-se ainda que cem gramas dos insetos apresentados (em matéria seca) podem fornecer o suficiente para suprir as necessidades diárias das vitaminas B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>7</sub> e B<sub>9</sub> (FAO, 2004). Nenhum dos mesmos insetos tem quantidades relevantes de vitamina A e vitamina E (Barker, et al., 1998) (Finke, 2002). Embora em valores baixos, os insetos apresentam quantidades de vitamina C, aspeto diferenciador das carnes e peixe apresentados como exemplo de alimentos de origem animal.

**Tabela 6. Vitaminas (m.s.) nas duas espécies em estudo, soja, cogumelos e respetivas Doses Diárias Recomendadas (DDR).**

Vitamina	<i>T. molitor</i> (L)	<i>A. domesticus</i> (A)	<i>A. domesticus</i> (N)	Soja	Cogumelos	DDR
C (mg/100g)	3,2	7,9	4,7	0	13,5	45 (mg/d)
B <sub>1</sub> (mg/100g)	0,6	0,1	0,09	1,3	1,2	1,2-1,3 (mg/d)
B <sub>2</sub> (mg/100g)	2,1	11,1	4,2	0,5	4,2	1,2-1,3 (mg/d)
B <sub>3</sub> (mg/100g)	10,7	12,6	1,4	2,0	43,2	14-16 (mg/d)
B <sub>5</sub> (mg/100g)	6,9	7,5	11,5			5 (mg/d)
B <sub>7</sub> (µg/100g)	78,7	55,1	21,8			30 (µg/d)
B <sub>9</sub> (mg/100g)	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,4 (mg/d)
B <sub>12</sub> (µg/100g)	1,2	17,4	28,3	0	0	2,4 (µg/d)
Fonte	(Finke, 2002)		(Ricardo Jorge, 2007)		(FAO, 2004)	

L: larva; A: adulto; N: ninfa

A carne de bovino e de suíno é mais rica em vitaminas no geral. Apenas as vitaminas C, B<sub>2</sub> e B<sub>12</sub> têm um teor maior nos insetos, sendo que a vitamina B<sub>2</sub> presente em 100g, da carne de vaca e de porco apresentada, não chega para satisfazer a dose diária recomendada. É interessante verificar que o teor de vitamina B<sub>12</sub> é muito alto nos grilos *A. domesticus* em comparação com a carne de porco e de vaca (Tabela 7). Os insetos podem ser ricos em vitaminas desde que sejam selecionados os que de facto supram os requisitos vitamínicos desejados (Rumpold & Schlüter, 2013). Existem poucos dados relativos à composição em vitaminas, havendo por isso necessidade de intensificar os estudos sobre estes componentes.

**Tabela 7. Vitaminas (m.s.) presentes em carne de bovino e de suíno com diferentes teores de gordura e respetivas DDR.**

Vitamina	Bovino (M)	Bovino (G)	Suíno (M)	Suíno (G)	Salmão	DDR
C (mg/100g)	0	0	0	0	0	45 (mg/d)
B <sub>1</sub> (mg/100g)	0,4	0,3	2,5	1,3	0,5	1,2-1,3 (mg/d)
B <sub>2</sub> (mg/100g)	0,6	0,4	0,6	0,3	0,1	1,2-1,3 (mg/d)
B <sub>3</sub> (mg/100g)	13,2	10,4	18,9	11,1	9,1	14-16 (mg/d)
B <sub>5</sub> (mg/100g)						5 (mg/d)
B <sub>7</sub> (µg/100g)						30 (µg/d)
B <sub>9</sub> (mg/100g)	0,06	0,04	0,02	0,01	0,03	0,4 (mg/d)
B <sub>12</sub> (µg/100g)	7,8	5,2	3,6	2,0	4,8	2,4 (µg/d)
Fonte	(Ricardo Jorge, 2007)					(FAO, 2004)

M: magro; G: gordo

Os minerais, por sua vez, têm um desempenho fundamental no processo biológico e como não são produzidos pelo organismo humano, devem ser ingeridos com regra. Na Tabela 8 são apresentados os valores da composição em alguns minerais, adaptados de vários autores, para as duas espécies em estudo e para a carne de bovino e de suíno crua, assim como a dose diária recomendada para cada um dos elementos. O cálcio, magnésio e potássio, são três dos minerais que se encontram em quantidades consideráveis em muitos insetos (Smith & Pryor, 2012). No entanto, as suas quantidades em 100 g de matéria seca, não chegam para suprir as doses diárias requeridas desses minerais para um adulto (Rumpold & Schlüter, 2013). Nesse aspeto, o fósforo, o ferro e o zinco destacam-se com quantidades superiores à DDR. De referir que o ferro e o zinco pertencem ao grupo dos microelementos essenciais. No geral os teores destes minerais encontrados nos insetos, são mais elevados do que os que podemos encontrar na carne de bovino e suíno e semelhantes aos que se apresentam na soja e nos cogumelos (Belluco, et al., 2013) (Ricardo Jorge, 2007).

**Tabela 8. Composição mineral (m.s.) dos insetos *A. domesticus* e *T. molitor*, de carne de bovino, de suíno, Soja e cogumelos (mg/100g) e respetivas DDR (mg/dia)**

	Ca	K	Mg	P	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	Se	Fonte
<i>A. domesticus</i> (N)	1290,0	-	160,0	790,0	-	19,7	15,9	5,3	0,9	-	(Barker, et al., 1998)
<i>A. domesticus</i> (A)	210,0	-	80,0	780,0	-	11,2	18,6	2,8	0,9	-	
<i>A. domesticus</i> (N)	120,1	1537,1	98,7	1100,4	589,5	9,3	29,7	3,9	2,2	0,04	(Finke, 2002)
<i>A. domesticus</i> (A)	132,1	1126,6	109,4	957,8	435,1	6,3	21,8	3,7	2,0	0,06	
<i>T. molitor</i>	120,0	-	280,0	1420,0	-	3,9	13,1	0,7	1,8	-	(Barker, et al., 1998)
<i>T. molitor</i> <sup>1</sup>	30,0	-	220,0	1270,0	-	2,6	8,3	0,6	1,5	-	
<i>T. molitor</i> <sup>2</sup>	47,2	761,5	221,5	697,4	125,4	5,5	11,4	0,9	1,6	0,03	(Finke, 2002)
<i>T. molitor</i>	44,4	895,0	210,2	748,0	140,9	5,4	13,7	1,4	1,6	0,07	
Bovino (M).	38,8	1395,0	89,2	562,0	232,9	5,8	13,9	-	-	-	(Ricardo Jorge, 2007)
Bovino (G).	33,8	779,2	49,4	657,1	137,7	1,8	8,3	-	-	-	
Suíno (M).	25,0	1414,1	82,1	789,3	189,3	2,1	5,7	-	-	-	
Suíno (G).	38,4	634,3	36,4	381,8	123,2	2,6	3,4	-	-	-	
Salmão	30,4	762,0	58,2		96,2	1,3	1,3				
Soja	273,3	1944,4	282,2	741,1	4,4	8,9	4,2	-	-	-	
Cogumelos	81,1	4324,3	121,6	1081,1	67,6	8,1	5,4	-	-	-	
DDR	1300	4700	220-260	700	≤1500	7,5-58,8	3,0-14,0	1,8-2,6	0,9-1,3	0,026-0,036	
DDR Fonte	(FAO, 2004)	(Higdon & Drake, 2012)	(FAO, 2004)	(Higdon & Drake, 2012)		(FAO, 2004)		(Higdon & Drake, 2012)		(FAO, 2004)	

<sup>1</sup> A amostra de *T. molitor* foi sujeita a uma dieta diferente; <sup>2</sup> *T. molitor* gigante.

### **2.2.5. Vantagens ambientais e económicas**

Tal como já foi referido, a elevada taxa de crescimento demográfico, faz surgir a necessidade de procura de novas fontes mais baratas de proteína animal, para garantir que haja produção e fornecimento de alimentos que acompanhe o crescimento da população. De entre as várias hipóteses colocadas, os insetos apresentam-se como uma solução plausível devido à sua grande diversidade e abundancia (Wang, et al., 2005). Se olharmos para uma exploração de insetos, com fins de produção alimentar, chegamos à conclusão que as proteínas de origem animal são produzidas ineficientemente pelos processos convencionais de pecuária. Uma das razões é facilmente compreensível se tomarmos por exemplo a avicultura, cuja alimentação é praticamente constituída por alimentos usados na alimentação humana, fazendo com que haja uma competição de recursos alimentares e como consequência o aumento dos preços no mercado (Das, et al., 2012). Os insetos podem ser facilmente alimentados com resíduos ou desperdícios alimentares Não é só pelo facto de ser necessário usar uma elevada percentagem dos vegetais produzidos para alimentação dos animais, que apresentam um índice de conversão elevadíssimo, mas é também pelo enorme impacto ambiental que provocam as explorações agropecuárias (BIO Intelligence, 2012). A utilização dos insetos como fonte de proteína animal, quer em rações animais quer em produtos para alimentação humana, é uma alternativa por explorar na Europa. Esta seria uma prática que, de acordo com estudos feitos, aumentaria a qualidade da proteína animal produzida (no caso da aplicação dos insetos em rações) (Hwangbo, et al., 2009) e que teria um impacto ambiental muito inferior. Alguns dados indicam que as emissões de gases com efeito de estufa, associadas a explorações de insetos comestíveis (em CO<sub>2</sub> eq. por kg de peso ganho), são muito mais baixas do que as emissões registadas em explorações de suínos e constituem apenas 1% das emissões provocadas por ruminantes. Em relação ao amoníaco, as emissões provocadas por cativeiros de insetos são mais baixas do que por qualquer atividade pecuária convencional (Oonincx, et al., 2010). De referir ainda que estudos revelam que a criação de insetos pode ser um caminho muito mais eficiente na conversão de materiais em biomassa acumulada do que a pecuária, o que pode ser vantajoso para as indústrias de biocombustíveis, tentando assim diminuir a pegada ecológica associada à utilização de combustíveis fósseis (Premalatha, et al., 2011) (Abbasi & Abbasi, 2010). Estima-se que a pecuária consuma

77 milhões de toneladas de proteína em alimentos que são potenciais para a nutrição humana, para produzir 58 milhões de toneladas de proteínas de origem animal (Yen, 2009).

### **2.2.6. Perspetivas de segurança alimentar**

Embora, como foi visto anteriormente, o valor nutricional seja uma mais-valia e o impacto ambiental reduzido, existem outros aspetos que exigem atenção quando se põe a hipótese de consumir insetos como alimento (ou alimentos que contenham insetos). É fundamental que esteja garantida a segurança alimentar nesta “novel food”. No entanto, são ainda muito poucos e muito vagos os estudos feitos neste campo, não sendo ainda possível definir com certidão o carácter dos insetos. Ou seja existem muitas dúvidas quanto a qual a categoria de alimentos nos quais se devem inserir os insetos. Isto deve-se, em parte, à falta de clareza na legislação da União Europeia relativamente ao tipo de alimento em que se inserem os insetos. Uma vez que os produtos, contendo insetos na sua composição, tanto podem ser classificados como produtos de origem animal ou como *novel foods*. Para cada caso os produtores devem seguir legislações, normas e regras diferentes de processamento (van der Spiegel, et al., 2013).

Os principais riscos associados ao consumo de insetos são a potencial presença de alergénios (como por exemplo a quitina, tal como acontece com alimentos como por exemplo o marisco), fatores anti nutricionais, resíduos de pesticidas e mico toxinas, assim como a sua suscetibilidade a ataques microbiológicos (van der Spiegel, et al., 2013). Tal como em qualquer produto de origem animal, a elevada percentagem de água na constituição dos insetos, os nutrientes e a sua microbiota natural, providenciam meio para desenvolvimento microbiológico indesejado. Se em muitos casos um tratamento térmico é suficiente, em muitos outros, devido à possível presença de esporos ou toxinas, não chegará para eliminar os efeitos. Tratamentos, como a secagem e a acidificação podem ser promissores para a conservação dos insetos (Klunder, et al., 2012). Alguns autores defendem ainda que, tendo em conta o conhecimento já existente sobre os vários aspetos microbiológicos, não seria muito difícil aplicar os procedimentos normais de produtos alimentares, como carne, peixe e vegetais, nos insetos (Belluco, et al., 2013).

Semelhantes a algumas plantas e cogumelos, muitos insetos comestíveis são fáceis de identificar, sendo benéficos para a saúde e apresentando mais-valias na

alimentação humana. Mas existem espécies que podem causar danos graves a quem os ingira. Por esta razão deve haver uma especial atenção e cuidado com todos os riscos endógenos e exógenos inerentes a cada espécie de inseto comestível (Yen, 2010). A implementação do sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) constitui portanto uma resposta a esta situação. Se por um lado aumenta a qualidade e segurança alimentar, de determinado produto, por outro constitui uma forma de controlo e regulamentação do próprio produto, por parte de entidades especializadas, aumentando a confiança do consumidor e promovendo o mercado internacional. A adoção do sistema de HACCP na cadeia de fornecimento de insetos comestíveis poderá ser um fator determinante no sucesso e desenvolvimento deste sector (van Huis, et al., 2013).

### **2.3. Insetos para lá da entomofagia**

No geral todos os estudos que têm sido feitos, nos últimos anos e que abordam a entomofagia humana, visam fazê-lo com o objetivo de chegar a uma resposta ao problema do crescimento populacional. Na sua maioria chegam à conclusão que, incluir os insetos na alimentação, pode constituir um passo para a resolução desse problema (van Huis, et al., 2013). Especialmente se for uma prática que o Ocidente aceite implementar e que seja melhorada nos locais aonde já é comum.

Paralelamente tem-se estudado a viabilidade da utilização dos insetos como alimento indireto para o Homem. Isto é, através da incorporação dos mesmos em rações de animais que posteriormente serão consumidos pela população (Ramos-Elorduy, et al., 2002).

A alimentação dos animais para consumo humano, como já foi referido atrás, muitas vezes requer um dispêndio, de outras culturas alimentares, muito maior do que aquilo que efetivamente se está a gerar, por exemplo, em termos de quantidade de proteína animal (Yen, 2009). Por esta razão, tem havido investigação no sentido de utilizar os insetos como fonte de nutrientes nas atividades de pecuária, reduzindo assim o desperdício de outras culturas alimentares e diminuindo a competição existente em culturas que servem para alimentação, rações e combustíveis (Makkar, et al., 2014).

Estudos feitos comprovam que de facto uma farinha de insetos pode ser um substituto eficaz das rações, à base de soja e de farinha de peixe, aplicadas geralmente em atividades de pecuária. O seu conteúdo em proteína, de alta qualidade

e digestibilidade, reflete-se na qualidade da carne de frango (Hwangbo, et al., 2009), podendo chegar a compensar falhas nas dietas animais, nomeadamente ao nível de aminoácidos como a lisina, triptofano e cisteína, em locais mais pobres (Wang, et al., 2005). Alguns insetos como as térmitas e as larvas de mosca conseguem substituir totalmente a soja em rações animais, dando origem a proteína de qualidade igual ou superior (Men, et al., 2005), podendo a nível económico ser um melhor investimento do que outros recursos convencionais (Sogbesan & Ugwumba, 2008).

A farinha de insetos apresenta-se portanto como uma potencial forma de alimento para animais, contendo, como fonte de proteína, um perfil de aminoácidos adequado. Apesar dos estudos feitos comprovarem o seu potencial como ingrediente em rações, a introdução dos insetos na cadeia de rações alimentares requer mais estudos, pesquisa e legislação (Sánchez-Muros, et al., 2014).

## 3. Materiais e métodos

### 3.1. Materiais

#### 3.1.1. Reagentes utilizados

2 2-Difenil-1-Picrilhidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich);

Ácido acético (Pronalab);

Ácido bórico 4% (Fischer);

Ácido sulfúrico S. G. 1,83> 95% (Fischer)

Azoto comprimido - UN 1066 (AirLiquide);

Cloreto de acetilo >98% (v/v) (Merck);

Clorofórmio (Fisher);

Etanol 96% (Aga);

Éter dietílico (Fisher);

*n*-Hexano (Lab-scan);

Indicador misto – verde bromocresol e vermelho de metilo (Riedel);

Metanol 99,8% (v/v) (Merck);

*n*-Heptano >99,3% (v/v) (Merck);

Padrão interno C21:0 (Sigma Aldrich);

Padrão misto (Sigma-Aldrich) em clorofórmio;

Ácido nítrico (Panreac);

Ácido fosfomolibdico (Sigma-Aldrich) hidratado a 10% em etanol;

Cloreto de sódio (Fisher);

Sulfato de sódio anidro 99,9% (m/m) (Panreac);

Trolox 97% (Acros Organics)

### 3.1.2. Matéria-prima

#### 3.1.2.1. Espécies estudadas

As amostras para o estudo – grilos da espécie *Acheta domesticus* e larvas da espécie *Tenebrio molitor* (Figura 2 e Figura 1) – foram adquiridas na empresa “Aki à bixo”, que é especializada na criação de insetos para alimento vivo de aves e répteis.



Figura 2. Grilo da espécie *Acheta domesticus*.



Figura 1. Larvas da espécie *Tenebrio molitor*.

#### 3.1.2.2. Preparação das amostras

As duas espécies foram congeladas e armazenadas a uma temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ . De seguida as duas amostras foram liofilizadas (Figura 4) e guardadas em exsiccador ao abrigo da luz até posterior utilização. Do total de amostra recebida, uma porção de cada espécie foi retirada e colocada em recipientes de vidro contendo éter etílico, para que não perdessem água no processo de congelação e posterior descongelação. Antes de cada análise, foram retiradas alíquotas da quantidade necessária para a análise em questão, sendo depois moídas (moinho Moulinex) (Figura 3). Todas as análises foram realizadas em triplicado, com exceção do teor lipídico.



Figura 4. Larvas de *T. molitor* liofilizadas.



Figura 3. Larvas de *T. molitor* liofilizadas em pó.

## 3.2. Métodos analíticos

### 3.2.1. Humidade

A humidade foi determinada nas amostras conservadas em éter etílico, através de método gravimétrico. Seis caixas de Petri foram devidamente identificadas e secas em estufa. De seguida, em balança de precisão (TB-110) pesou-se cerca de 2g de cada amostra, para cada uma das caixas. As duas amostras em estudo foram colocadas em estufa (Binder) a 105 °C, onde permaneceram até massa constante (Figura 5Figura 6)



Figura 5. Larvas *T. molitor* desidratadas.



Figura 6. Grilos *A. domesticus* desidratados.

### 3.2.2. Cinza

Para cápsulas de porcelana (previamente secas e identificadas) pesou-se cerca de 1 g de amostra e colocou-se em estufa para retirar vestígios de humidade. Após a estabilização da massa, as amostras foram incineradas em mufla até a cinza se apresentar branca (cerca de 19 horas a 550 °C). Após arrefecer em exsiccador procedeu-se à respetiva secagem e registo da massa (Figura 7).



Figura 7. Cinza da amostra *A. domesticus* (Direita);  
Cinza da amostra *T. molitor* (Esquerda).

### 3.2.3. Minerais

O teor de minerais foi determinado pelo método de Vandecasteele & Block, (1993).

Adicionou-se à cinza previamente obtida 10 mL de solução aquosa de ácido nítrico (1:1). Procedeu-se à digestão em banho termostaticado a 95 °C durante 30 minutos. Filtrou-se para balões de 100 mL e perpez-se o volume com água ultra pura Milli-Q. Procedeu-se à determinação dos minerais por espectrofotometria de absorção atómica (determinação efetuada no laboratório de química do DCEB/ISA).

### 3.2.4. Proteína bruta, fração de proteína solúvel em água, cloreto de sódio e etanol e proteína insolúvel

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para conversão do azoto em proteína bruta.

O teor de proteínas solúveis em água, cloreto de sódio e etanol foi determinado utilizando uma amostra de 2 g de cada espécie. A amostra foi colocada num tubo de plástico, dissolvida em 25 mL de água e colocada sob agitação (agitador Edmund Bühler Laborthechnik. Materialtechnik Johanna otto GmbH KI-2) durante cerca de 48h a 125 Mot/min para promover a dissolução da fração hidrossolúvel. Após agitação a solução foi submetida a uma centrifugação a 10000 G a temperatura ambiente e durante 1h (centrifuga SIGMA 3-18K). Separou-se o sobrenadante para um recipiente limpo. Ao *pelet* adicionou-se 25 mL de solução saturada de cloreto de sódio e colocou-se a agitar durante 48h. Ao fim desse tempo colocou-se a centrifugar nas condições anteriormente referidas. Em alguns dos tubos foi necessário recorrer à filtração devido ao sobrenadante e *pelet* não ficarem completamente separados. Tal como anteriormente a cada resíduo resultante juntaram-se 25 mL de etanol. Os tubos foram postos a agitar durante 48h, tempo ao fim do qual se procedeu novamente à centrifugação e à separação do sobrenadante do *pelet*. Todos os tubos, contendo resíduo ou sobrenadante foram guardados a temperatura de refrigeração ( $\approx 4^{\circ}\text{C}$ ) até posterior utilização.

De cada diluição resultante (água, cloreto de sódio e etanol) retiraram-se alíquotas de 8 mL para determinar o teor de proteína. Foi utilizado o método de Kjeldahl. O azoto foi convertido em proteína através do fator de conversão 6,25. O teor de proteína insolúvel foi calculado por diferença.

### 3.2.5. Gordura bruta

A determinação da gordura bruta, das classes de lípidos e do perfil de ácidos gordos, foi efetuada no IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera).

Foi utilizado o método de Bligh e Dyer (1959), utilizando centrifugação, uma adaptação implementada pelo IPMA.

As amostras em estudo foram trituradas (moinho Moulinex, "123"). De seguida uma porção de cerca de 1 g, de cada amostra, foi pesada para um tubo de ensaio de 20 mL com tampa. Com a ajuda de micropipetas adicionaram-se 5 mL de solução refrigerada de metanol-clorofórmio (2:1) e homogeneizaram-se os tubos num *polytron* (PT 10-35 GT) com a haste média, durante cerca de 2 min. Depois adicionou-se 1 mL de solução saturada de cloreto de sódio e continuou-se a agitar por mais 30 s. Juntou-se 4 mL de clorofórmio à amostra (exceto na amostra de larvas de *T. molitor* que foram 5 mL), agitou-se durante 30 segundos e adicionaram-se 2 mL de água Mili-Q (1 mL na amostra de larvas) e homogeneizou-se no *polytron* durante tempo suficiente até se ter uma matriz uniforme (cerca de 1,5 min). Agitaram-se os tubos num agitador de tubos (Heidolf Reaxtop) a 2500 rpm durante 2 min. Após a agitação foram colocados os dois tubos com as duas amostras em estudo numa centrífuga (Sigma 2 K 15 B Braun) durante 10 min a 4 °C e 5000 rpm. De seguida retiraram-se os tubos e com o auxílio de uma pipeta de Pasteur retirou-se a fase orgânica (fase inferior da amostra estratificada) para um tubo de 18 mL contendo sulfato de sódio anidro (para eliminar alguma água restante) e centrifugou-se durante 4 min a 4 °C e 5000 rpm. A fase orgânica centrifugada foi filtrada por uma coluna de algodão e sulfato de sódio anidro, para um balão de pera de 50 mL (tarado). Lavou-se o tubo que continha o sulfato de sódio anidro com 2 mL de clorofórmio, agitou-se, centrifugou-se durante 3 min a 4 °C e 5000 rpm e recolheu-se o sobrenadante para o balão de pera fazendo passar pela coluna de algodão e sulfato de sódio anidro. Fez-se também passar 1 mL de clorofórmio pela coluna três vezes. Procedeu-se à evaporação do clorofórmio num evaporador rotavapor (Büchi) a 45 °C durante tempo suficiente para evaporar o solvente (cerca de 30 a 40 min até não haver odor do mesmo). Para garantir que não havia vestígios de clorofórmio adicionou-se um pouco de azoto (azoto comprimido UN 1066 da AirLiquide) através de um evaporador de tubos/amostras (Reacti-vap III e Reacti-therm III Heating/Stirring Module Pierce). No final pesaram-se os balões de pera com o extrato resultante (Figura 12 em anexo) e calculou-se o teor de gordura obtido em percentagem pela equação 1:

$$G = \frac{Mf - Mi}{Pa} \times 100 \quad (Eq. 1)$$

Foram guardadas a – 80 °C amostras para determinação das classes de lípidos e do perfil de ácidos gordos.

### 3.2.5.1. Classes de lípidos

A determinação das classes de lípidos foi efetuada por cromatografia de camada fina (TLC – *thin layer chromatography*). Para a determinação das classes de lípidos utilizou-se uma amostra de cerca de 10 mg de extrato lipídico e 1mL de clorofórmio para um tubo de 18 mL.

Ativou-se uma placa de vidro 20 x 20 com sílica gel 60 F254 (TLC), na estufa de secagem (Memmert 854 Schwabach) a 110 °C, durante 1h tendo posteriormente arrefecido em exsiccador (30 min). A solução de mistura de eluição utilizada (*n*-Hexano, éter dietílico e ácido acético na proporção de 65:35:1) foi devidamente homogeneizada e transferida para uma tina. Tapou-se a tina de forma a criar uma atmosfera saturada e em seguida colocou-se a placa num suporte próprio. Traçou-se na parte superior da placa uma linha de corte (Figura 8). Aplicaram-se na parte superior da placa de cromatografia 10 µL de cada amostra e 10 µL de padrão misto, com espaço entre cada aplicação. As aplicações das amostras em estudo foram feitas em quadruplicado. Depois de secar, a placa foi posta dentro da tina e tapou-se de novo. Deixou-se o solvente eluir até à parte superior (linha de corte).

Retirou-se a placa, deixou-se evaporar o solvente durante poucos segundos e aplicou-se uniformemente na placa a solução de ácido fosfomolibdico a 10% em etanol. De seguida deixou-se secar a placa e colocou-se de novo na estufa a 110 °C durante 1h para ativar. Visualizou-se o perfil de constituintes revelados de acordo com

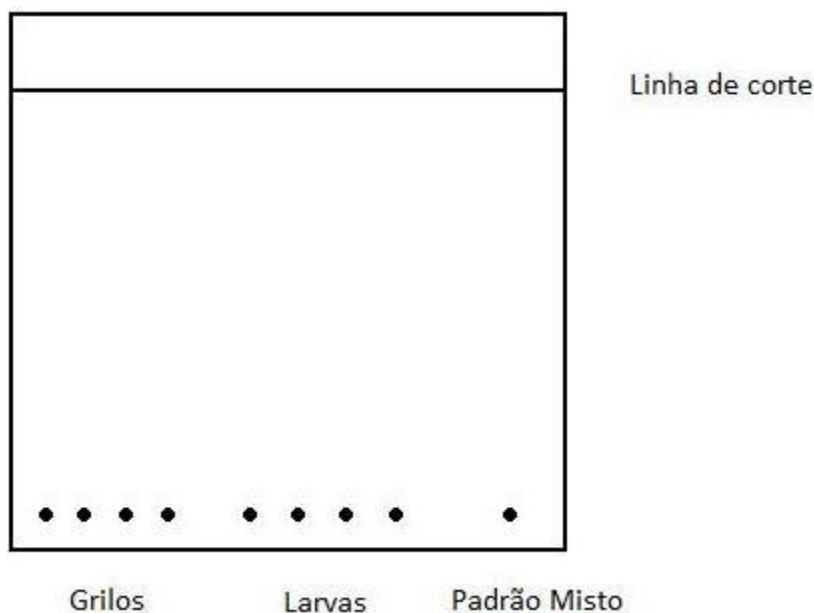


Figura 8. Representação esquemática da placa TLC

o PM (padrão misto) utilizado (TAG – triacilgliceróis; CH – colesterol; FFA – ácidos gordos livres; PL – fosfolípidos). Por fim quantificaram-se as frações num analisador de imagem da PDI system (EQUIP/BIO 038).

### **3.2.5.2. Perfil de ácidos gordos**

Os ácidos gordos foram analisados por cromatografia de fase gasosa. Para a análise dos ácidos gordos recolheram-se cerca de 40 mg do extrato lipídico obtido anteriormente para tubos de 15mL (um para cada uma das amostras) e congelou-se a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  até posterior utilização.

Utilizou-se como padrão interno 25  $\mu\text{L}$  de C21:0 na concentração de 10mg/mL de *n*-heptano. De seguida adicionaram-se 5 mL de mistura de cloreto de acilo: metanol (1:19). Esta solução foi preparada dentro de uma tina com gelo porque a mistura provoca uma reação exotérmica. Colocou-se, em primeiro lugar, o metanol e depois adicionou-se o cloreto de acetilo com uma pipeta de Pasteur junto às paredes do copo, gota a gota. Depois de se adicionar 5 mL da solução a cada um dos tubos, agitou-se no agitador de tubos durante 1 min. Colocaram-se os tubos num banho a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (OVAN cubeta inox 20 L; code 20000-00212; S/N: 04325-00001). Passado 1 h, retiraram-se e deixaram-se arrefecer à temperatura ambiente durante cerca de 30 min. Adicionou-se a cada amostra 1 mL de água ultra-pura milliQ mais 2 mL de *n*-heptano e agitou-se bem durante 1 min. Procedeu-se à centrifugação durante 3 min a 3000 rpm. Recolheu-se a fase orgânica (superior) para um vial de 2 mL, filtrando por uma coluna com algodão e sulfato de sódio anidro. A análise foi efetuada por cromatografia gasosa (cromatógrafo *Varian* Star CP-3800 (Walnut Creek, CA, USA)), com detetor de ionização de chama (FID), a  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Utilizou-se um volume de injeção de 2  $\mu\text{L}$ . A separação foi efetuada numa coluna capilar de polietileno glicol fundida DB-wax (0,25 mm d.i  $\times$  30 m  $\times$  0,25  $\mu\text{m}$ ), tendo como gás de arraste, hélio. A temperatura do forno foi estabilizada a  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aumentando  $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  até se atingir os  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Os ácidos gordos presentes na amostra foram identificados através da comparação entre o tempo de retenção obtido para cada um deles e o tempo obtido pelos ácidos gordos existentes no padrão da *sigma-Aldrich* (PUFA-3 óleo de savelha da *Supelco Analytical*). A quantificação dos diferentes ácidos gordos foi efetuada pelo método do padrão interno (21:0).

### 3.2.6. Atividade antioxidante

A preparação do extrato, para a determinação da atividade antioxidante, foi feita de acordo com Swain & Hillis, (1959). Utilizou-se a mistura de 0,5 g de amostra liofilizada em 20 mL de metanol (100%). Depois de centrifugar a 8000 rpm a 4 °C durante 5 min, as amostras repousaram durante 24 h a uma temperatura de cerca de 4 °C ao abrigo da luz. Após decorridas 24 h centrifugaram-se novamente as amostras a 8000 rpm a 4 °C durante 15 min. Recolheu-se e armazenou-se o sobrenadante (extracto pronto a utilizar).

A determinação da atividade antioxidante foi efetuada pelo método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), baseado na captura do radical DPPH por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância a 517 nm (Brand-Williams, et al., 1995).

Para a solução mãe, pesaram-se 0,0244 g do radical DPPH para um balão de 100 mL e fez-se o volume com metanol até aos 100 mL. Após pelo menos duas horas de espera, preparou-se a solução diária de trabalho com metanol (45 mL:250 mL), de modo a que a absorvância a 517 nm fosse inferior a 1,1.

Para a medição da atividade antioxidante dos extratos dos insetos, foram adicionados 600 µL de extrato a 11400 µL da solução de trabalho de DPPH. A mistura permaneceu no escuro, à temperatura ambiente, durante 40 min. No final desse tempo, efetuaram-se as leituras no espectrofotómetro (UNICAM UV/VIS Spectrometer) a um comprimento de onda de 517 nm.

Foram obtidos dois valores, um para o radical DPPH e outro para antioxidante+radical. Procedeu-se ao cálculo do RSA (radical scavenging activity) da amostra pela equação 2:

$$RSA (\%) = \frac{Abs.Radical - Abs.(AO + Radical)}{Abs.Radical} \times 100 \quad (Eq. 2)$$

Foi efetuada uma curva de calibração com um antioxidante de referência, Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico, marca Acros Organics, EUA) a 1000 µM (0,0125g de Trolox dissolvido em 50 mL de metanol), homogeneizado e utilizado em seguida. Para obter a curva de calibração foram preparadas diferentes concentrações de Trolox (de 754 µM a 504 µM) que após homogeneização estiveram no escuro durante 40 min. Após esse tempo procedeu-se à leitura da absorvância 517nm.

A equação da curva de calibração permite converter o RSA (%) em Trolox (M). Os resultados finais são expressos em TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) definido com a concentração do antioxidante que fornece a mesma percentagem de inibição do Trolox, calculado em mM Trolox/100g m.s.

### 3.3. Análise estatística dos resultados

Aos resultados de todas as análises efetuadas em triplicado, foi aplicado um teste de comparação de médias LSD. Para o efeito recorreu-se ao *software* STATISTICA ver. 6.0 (2001) (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

A globalidade dos resultados e de dados da bibliografia (referentes aos teores de H (humidade), Prot (proteína), Lip (lípidos), SFA, C16:0, C18:0, MUFA, C18:1, PUFA, C18:2, C18:3, razão SFA/UFA, Cinza, Ca, Mg, Na, K Cu, Fe, Zn e Mn) foi submetida a uma análise multivariada, análise de componentes principais e análise de cluster. Foi utilizado o mesmo *software*.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Composição centesimal

A composição centesimal, em termos de proteína, gordura e cinza das espécies analisadas (*A. domesticus* e *T. molitor*) é apresentada na Tabela 9.

O teor de água presente nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* foi ao encontro do que se previa, cerca de 72,27% e 59,36%, respectivamente (Barker, et al., 1998) (Finke, 2002). Tal como acontece com a carne crua de outros animais utilizados como alimento, a percentagem de água presente nestes dois insetos, está entre os 50% e os 70%. Sendo que a espécie *A. domesticus* apresenta uma percentagem de água semelhante à que se encontra na carne de vaca, enquanto as larvas de *T. molitor* contêm um teor de água próximo com o que se verifica na carne de frango (FSIS, 2011) (Ricardo Jorge, 2007).

**Tabela 9. Teor de gordura, proteína e cinza (m.s.) das espécies *A. domesticus* e *T. molitor***

	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinza (%)
<i>A. domesticus</i>	44,6 <sup>a</sup>	17,8	4,5 <sup>a</sup>
<i>T. molitor</i>	43,6 <sup>a</sup>	17,7	4,3 <sup>a</sup>

Na mesma coluna, letras diferentes indicam resultados significativamente diferentes.

A proteína revelou-se, como seria de esperar, o componente com maior relevância na constituição dos insetos. No entanto, a sua quantidade não atingiu os valores elevados registados por Barker (1998) e Finke (2002), cerca de 65% para a espécie *A. domesticus* e 50% para as larvas de *T. molitor*. Comparando as amostras em estudo com alimentos convencionais de origem animal, como o lombo de porco ou de vaca crus, verifica-se que os valores são inferiores (cf. 2.2.4). Mas se observarmos uma peça de carne com maior teor de gordura, principalmente a carne de porco, verifica-se que os insetos em análise apresentaram valores de proteína mais elevados (cerca de 10% mais). Por outro lado, as fontes de proteína vegetais, como a soja e os cogumelos, são menos ricas do que as duas espécies apresentadas (Ricardo Jorge, 2007). Pelo exposto, os insetos estudados podem constituir uma excelente fonte proteica alternativa.

Os teores de lípidos apresentados (cerca de 18%) pelas duas espécies em estudo, foram ligeiramente inferiores ao esperado. Tanto Finke (2002) como Barker (1998) registaram para as larvas de *T. molitor* valores iguais ou superiores a 30% de gordura bruta (em matéria seca). Os mesmos autores para a espécie *A. domesticus* obtiveram ambos cerca de 22% de gordura. O teor de lípidos observado pode dever-se ao modo de produção e alimentação dos insetos em análise. No que respeita ao teor de gordura, os grilos *A. domesticus* e as larvas de *T. molitor* podem considerar-se semelhantes à carne de suíno magra (Ricardo Jorge, 2007).

O teor de cinza dos insetos estudados (cerca de 4,5%) é semelhante ao referido por Barker (1998) registou no seu trabalho, para as mesmas espécies. Finke (2002) por sua vez obteve valores inferiores, (3,57% para a espécie *A. domesticus* e 2,36% para as larvas de *T. molitor* (m.s.)). Em termos de cinza as larvas e os grilos em estudo não diferiram muito das outras fontes convencionais de proteína animal. As fontes proteicas de origem vegetal neste aspeto apresentam valores por norma superiores. De salientar os cogumelos que apresentam cerca de 12% de cinza (cf. 2.2.4.), revelando um mais interessante teor de micronutrientes, designadamente os minerais.

Atendendo aos teores de proteína, lípidos e cinza, os insetos equiparam-se aos alimentos de origem animal.

## **4.2. Fração de proteína solúvel em água, cloreto de sódio e etanol e proteína insolúvel**

A análise da solubilidade das proteínas presentes nas duas espécies em estudo, foi efetuada com o objetivo de poder inferir sobre o teor de proteínas insolúveis (PI). Estas constituem as proteínas de estrutura, mais pesadas e como tal associadas à fração de fibra (não quantificada neste trabalho) que nos insetos não é apenas constituída pela quitina, mas também por longas cadeias de aminoácidos (Finke, 2007).

As duas espécies estudadas apresentam valores significativamente diferentes para as várias frações proteicas. A análise da Tabela 10 permite verificar que, tal como acontece em todos os organismos vivos, as proteínas solúveis em água, nomeadamente as globulares no seu estado original, responsáveis pelas mais

complexas e fundamentais tarefas ao nível das células (Pace, et al., 2004) são a fração predominante. As duas espécies confirmam isso mesmo pela percentagem elevada de proteínas hidrossolúveis, apresentada quer pelos grilos *A. domesticus* (23,1%) quer pelas larvas de *T. molitor* (28,9).

**Tabela 10. Percentagem de proteínas solúveis em água, cloreto de sódio e etanol, nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor***

	H <sub>2</sub> O	NaCl	Etanol	Total PS	Total PI
<i>A. domesticus</i>	23,1 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	31,3	13,4
<i>T. molitor</i>	28,9 <sup>b</sup>	5,8 <sup>b</sup>	2,5 <sup>a</sup>	38,2	5,4

Legenda: H<sub>2</sub>O - percentagem de proteína solúvel em água; NaCl - percentagem de proteína solúvel em cloreto de sódio; Etanol - percentagem de proteína solúvel em etanol; PS: proteína solúvel; PI - proteína insolúvel

Na mesma coluna, letras diferentes indicam resultados significativamente diferentes.

Relativamente à fração proteica insolúvel, os grilos contêm maior quantidade de proteínas estruturais associadas à componente fibrosa do que as larvas. Isto acontece devido à complexidade do exosqueleto já completamente formado dos grilos. As larvas estando em desenvolvimento, ainda não contêm tantas proteínas de estrutura.

### 4.3. Minerais

Na Tabela 11 são referidos os teores de minerais quantificados nas espécies em estudo. Os resultados obtidos tanto no presente estudo como em trabalhos de outros autores diferem muito entre si, pelo que se torna complicado estabelecer comparações entre eles. De salientar que a composição mineral é muito influenciada pela dieta dos animais, ou condições de cultivo no caso dos vegetais.

Os grilos apresentam um teor de cálcio (34,8 mg/100g m.s.) semelhante à carne de bovino ou suíno, mas muito inferior ao apresentado pela soja ou cogumelos (cf. 2.2.4). As larvas apresentam teores de cálcio inferiores (15,7 mg/100g m.s.), no entanto afiguram-se uma boa fonte de magnésio (188,5 mg/100g m.s.) superior às fontes proteicas convencionais de origem animal (<90 mg/100g m.s.). O teor de ferro nas larvas é superior ao que se encontra na carne de bovino e de suíno, sendo suficiente 100g de matéria seca para satisfazer a dose diária recomendada deste mineral.

Em termos nutricionais, o zinco e o ferro presentes em 100g de cada um destes insetos e o manganês presente nos grilos *A. domesticus*, apresentaram valores

semelhantes aos verificados nas fontes de proteína vegetais apresentadas e ultrapassam os valores diários recomendados.

**Tabela 11. Minerais (m.s.) presentes nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* (mg/100g)**

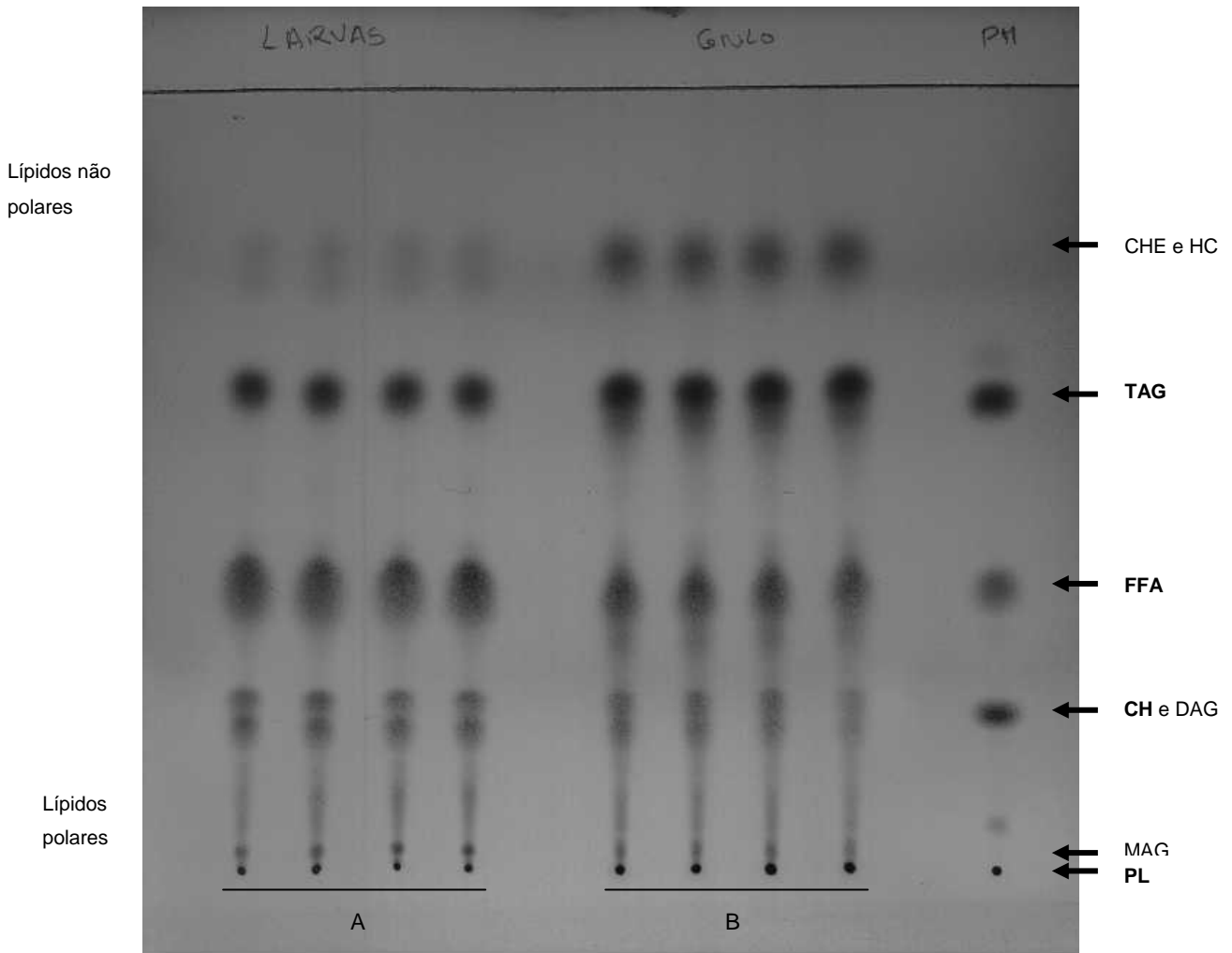
	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>A. domesticus</i>	34,8 <sup>b</sup>	75,4 <sup>a</sup>	272,1 <sup>b</sup>	799,9 <sup>b</sup>	8,7 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>
<i>T. molitor</i>	15,7 <sup>a</sup>	188,5 <sup>b</sup>	62,7 <sup>a</sup>	574,5 <sup>a</sup>	9,2 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>b</sup>

Na mesma coluna letras diferentes indicam resultados significativamente diferentes.

#### 4.4. Classes de lípidos

As classes de lípidos separadas por cromatografia em placa encontram-se ordenadas de acordo com a sua polaridade. Na parte inferior encontram-se os lípidos polares e na parte superior da placa podem observar-se os lípidos não polares (Figura 9). As duas espécies contêm visivelmente os 4 tipos de lípidos constituintes do padrão misto, TAG, FFA, CH e PL. Além destes, notou-se um efeito de arrastamento dos componentes (principalmente na amostra de grilos) e presença de compostos lipídicos não constantes no padrão utilizado. Estes podem identificar-se acima dos TAG e acima dos PL (corresponde ao ponto de aplicação do PM e das amostras). O arrastamento de compostos, na zona onde deve ficar retido o colesterol, pode indicar a existência de DAG (diacilgliceróis).

Por sua vez os pontos visíveis na parte superior da placa, sugerem a presença de hidrocarbonetos (HC), ésteres de colesterol, ou ceras, enquanto os pontos presentes logo acima dos PL se referem aos MAG (monoacilgliceróis) existentes (*T. molitor*). Esperava-se que as principais formas de gordura nos insetos em estudo fossem os TAG, DAG, PL, HC (hidrocarbonetos), esterés e ceras. Isto é o que acontece no comum dos insetos (Arrese & Soulages, 2010), uma vez que a principal forma de armazenamento de energia e transporte de lípidos nos mesmos é feita através dos TAG e DAG respetivamente (Horne, et al., 2009). Olhando para a Tabela 12 pode verificar-se que a proporção em que ocorre cada uma das classes de lípidos identificadas está de acordo com o que foi dito anteriormente.



**Figura 9. Separação por TLC das classes dos lípidos extraídos das espécies *A. domesticus* (B) e *T. molitor* (A).** Legenda: CHE - ésteres de colesterol; HC - hidrocarbonetos; TAG - triacilgliceróis; CH - colesterol; DAG - diacilgliceróis; MAG - monoacilgliceróis e PL - fosfolípidos

Muito embora a percentagem de hidrocarbonetos e ésteres de colesterol, seja ligeiramente superior ao esperado, logo a seguir encontram-se os TAG, muito mais representativos na amostra de grilos *A. domesticus* (32,5%) do que na amostra de larvas *T. molitor* (23,9%). Isto pode ser explicado pelo facto de os grilos no estado adulto já possuírem muito mais reservas de energia do que as larvas que ainda estão a construir as suas reservas de lípidos que lhes servirão como reservas das quais sobrevivem em adultos (Horne, et al., 2009). Estas por sua vez contêm maior quantidade de DAG, pois estão em desenvolvimento e o transporte de lípidos através dos mesmos é muito mais frequente (Tabela 12).

Tabela 12. Classes de lípidos (m.s.) presentes nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor*

	CHE e HC (%)	TAG (%)	FFA (%)	CH e DAG (%)	MAG (%)	PL (%)	% Relativa Total
<i>A. domesticus</i>	34,2	32,5	19,4	12,0	-	1,8	100,0
<i>T. molitor</i>	25,0	23,9	31,6	16,9	1,3	1,3	99,9

Legenda: CHE - ésteres de colesterol; HC - hidrocarbonetos; TAG - triacilgliceróis; CH - colesterol; DAG - diacilgliceróis; MAG - monoacilgliceróis e PL - fosfolípidos

Os teores de cada uma das classes de lípidos nos insetos diferem dos mesmos teores encontrados em peixes como a corvina (*Argyrosomus regius*) ou o salmão (*Salmo salar*). O teor de TAG nos insetos (32,5% e 23,9% para *A. domesticus* e *T. molitor* respectivamente) é menos de metade do mesmo teor na corvina (86,8% do total de matéria gorda) e no salmão (94% do total da matéria gorda), assim como nos insetos o teor de PL (1,8% e 1,3 %) é inferior (6,6 % e 2,4% na corvina e salmão respectivamente) (Freire, 2015) (Costa, et al., 2015). No entanto a tilápia (*Oreochromis mossambicus*) e a carpa (*Cyprinus carpio*) apresentam valores de TAG (27% e 42% respectivamente) e HC (28% e 29% respectivamente) mais próximos dos que se podem observar nas duas espécies em estudo (Swapna, et al., 2010). Relativamente aos FFA e CH/DAG, os insetos *A. domesticus* e *T. molitor* apresentam maiores teores do que as espécies referidas (6,6% CH na corvina, 3-4% CH no salmão, 10,7% FFA e 2,9% CH/DAG na Tilápia, 9,6% FFA e 4,9% CH/DAG na carpa).

A percentagem de ácidos gordos livres revela a ocorrência de hidrólises tanto dos TAG como dos DAG. A percentagem de FFA presente nas duas espécies poderá indicar que as larvas de *T. molitor* são mais suscetíveis a reações de oxidação.

#### 4.5. Perfil de ácidos gordos

Na Tabela 13 estão identificadas os teores dos ácidos gordos mais representativos das amostras em estudo (tabela completa em anexo). Como seria de esperar, verificou-se que os ácidos gordos, palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2) se encontram em quantidades relevantes. Verifica-se a influência do ácido palmítico na espécie *A. domesticus*, contribuindo para que o valor de SFA seja mais elevado nesta espécie. Assim sendo os grilos apresentam uma razão SFA/UFA elevada, cerca de 0,8, tal como acontece na carne de bovino e suíno. Nas larvas de *T. molitor* é de salientar a presença do ácido gordo oleico, em níveis

relativamente elevados (33,3 g/100g de matéria gorda), sendo nesta espécie o teor de MUFA mais elevado, conduzindo a uma melhor razão SFA/UFA cerca de 0,3, semelhante à obtida por Finke (2002) e próxima da que apresenta o salmão.

As quantidades de SFA, MUFA e PUFA apresentadas para os grilos *A. domesticus* podem identificar-se com as presentes na carne de bovino magra, na soja e no salmão respetivamente. Esses mesmos teores no caso das larvas de *T. molitor* assemelham-se ao salmão, à carne de suíno e aos cogumelos, em termos de SFA, MUFA e PUFA respetivamente.

As duas espécies contêm um perfil de ácidos gordos que, em proporção, não se assemelha a nenhuma outra gordura de origem animal ou vegetal, uma vez que apresentam teores relativamente elevados de ácido oleico, característico do azeite e da gordura das carnes de bovino e suíno, e apresentam elevados teores de ácido linoleico (27,7 g/100g de matéria gorda para *A. domesticus* e 31,3 g/100g de matéria gorda para *T. molitor*) característico da soja por exemplo.

**Tabela 13. Ácidos gordos (m.s.) presentes nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* (g/100g de matéria gorda).**

	Ácido gordo	<i>A. domesticus</i>	<i>T. molitor</i>
SFA	C12:0		
	C14:0	1,3	1,7
	C15:0	0,2	0,2
	<b>C16:0</b>	<b>34,2</b>	<b>16,7</b>
	C17:0	0,2	0,2
	<b>C18:0</b>	<b>8,0</b>	<b>3,6</b>
	C20:0	0,4	0,2
	<u>Total</u>	<u>44,9</u>	<u>23,2</u>
MUFA	C16:1	1,1	1,2
	C17:1	-	-
	<b>C18:1</b>	<b>20,4</b>	<b>33,3</b>
	<u>Total</u>	<u>22,4</u>	<u>35,3</u>
PUFA	<b>C18:2</b>	<b>27,9</b>	<b>31,3</b>
	C18:3	1,0	1,6
	<u>Total</u>	<u>29,7</u>	<u>33,3</u>
	SFA/UFA	0,8	0,3

De referir que uma grande quantidade dos ácidos gordos totais presentes em cada uma das duas espécies corresponde a ácidos gordos essenciais. Na espécie *A. domesticus* 28,9% do total de lípidos corresponde aos ácidos gordos essenciais linoleico e  $\alpha$ -linolénico. Por sua vez, na espécie *T. molitor* estes correspondem a 32,9% do total de ácidos gordos. A razão  $\omega$ -6: $\omega$ -3 é cerca de 21:1 na espécie *A. domesticus* e de 18:1 no caso das larvas de *T. molitor*.

Relativamente ao ácido gordo essencial  $\alpha$ -linolénico presente nas duas espécies, os resultados obtidos para o mesmo foram muito satisfatórios quando comparados com os outros autores citados, tanto para insetos como para alimentos proteicos convencionais. Sendo esta quantidade de elevada importância no que respeita à diminuição da razão  $\omega$ -6: $\omega$ -3.

No que respeita a composição lipídica é de referir que a grande variabilidade observada, tal como para outros constituintes, é fortemente influenciada pela dieta dos animais, bem como por condições climáticas.

#### 4.6. Atividade antioxidante

Os valores obtidos (tabela 14) indicam uma atividade antioxidante, expressa em TAEC (*Trolox equivalent antioxidant capacity*), cerca de metade do observado em própolis (Beijoca, 2014). De referir que o própolis é conhecido pelo seu elevado poder antioxidante. Em comparação com plantas aromáticas, também conhecidas pelo elevado poder antioxidante, os valores observados são bastante inferiores (Gallego, et al., 2013).

**Tabela 14. Atividade antioxidante das espécies *A. domesticus* e *T. molitor* expressa em TEAC**

	RSA (%)	TAEC ( $\mu$ M de Trolox / g de insecto)
<i>A. domesticus</i>	20,7 <sup>a</sup>	103,1
<i>T. molitor</i>	25,0 <sup>b</sup>	130,1

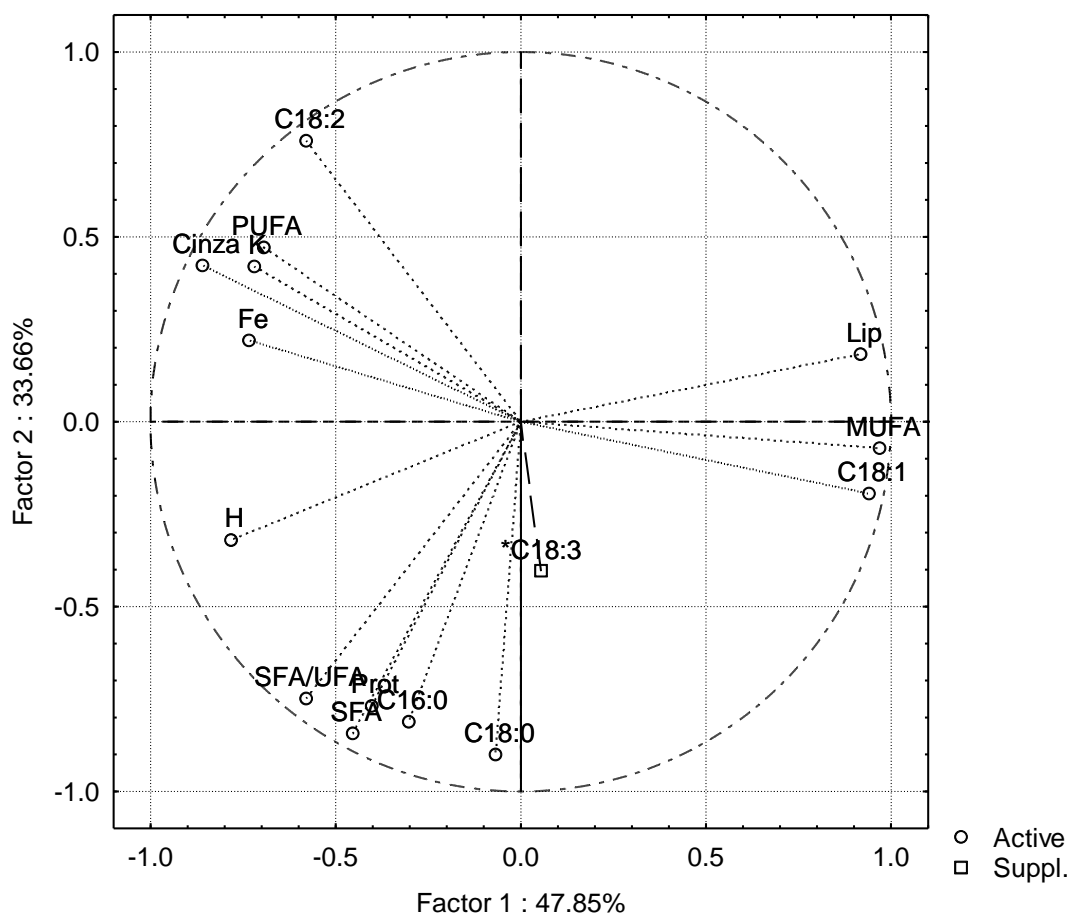
Legenda: RSA - capacidade captora de radicais; TEAC - capacidade antioxidante em equivalentes de trolox  
Na mesma coluna, letras diferentes indicam resultados significativamente diferentes.

Por outro lado se compararmos os valores apresentados para os insetos em estudo, com produtos de origem animal, a discrepância faz-se mostrar em sentido inverso. A atividade antioxidante evidenciada por estes insetos pode-se dever à presença de quitina e à membrana peritrófica (secreção produzida, pelo tubo digestivo em muitos dos artrópodes), com capacidade antioxidante (Barbehenn & Stannard, 2004). Esta atividade antioxidante constitui mais uma característica que diferencia os insetos de forma positiva dos restantes alimentos de origem animal.

## 4.7. Análise multivariada dos resultados

Os dados analíticos observados no presente trabalho e dados da bibliografia referentes a insetos das mesmas espécies (*A. domesticus* e *T. molitor*), bem como de outras fontes proteicas e lipídicas (Azeite, cogumelos, soja, salmão, carne de bovino e carne de suíno), foram submetidos a análise multivariada, no sentido de perceber se as amostras formam ou não grupos homogêneos. Uma primeira análise dos resultados, englobando todos os parâmetros analíticos referidos em 3.3. permitiu verificar que os dados relativos aos minerais Ca, Mg, Na, Cu, Zn e Mn, não contribuíam de forma significativa para a definição das componentes principais ( $|\text{valor próprio}| < 0,7$ ), pelo que não foram considerados na presente análise.

As duas primeiras componentes principais explicam 81,5% da variabilidade total dos resultados (Figura 10). A primeira componente principal que explica 47,85% da variabilidade total, está correlacionada positivamente com os valores de lípidos (Lip), MUFA, C18:1 e negativamente com os valores de humidade (H), PUFA, cinza, K e Fe. Enquanto a segunda CP que explica 33,66% da variabilidade total, é explicada positivamente pelos valores de C18:2 e negativamente pelos valores de proteína (Prot), SFA, C16:0, C18:0, e pela razão SFA/UFA.

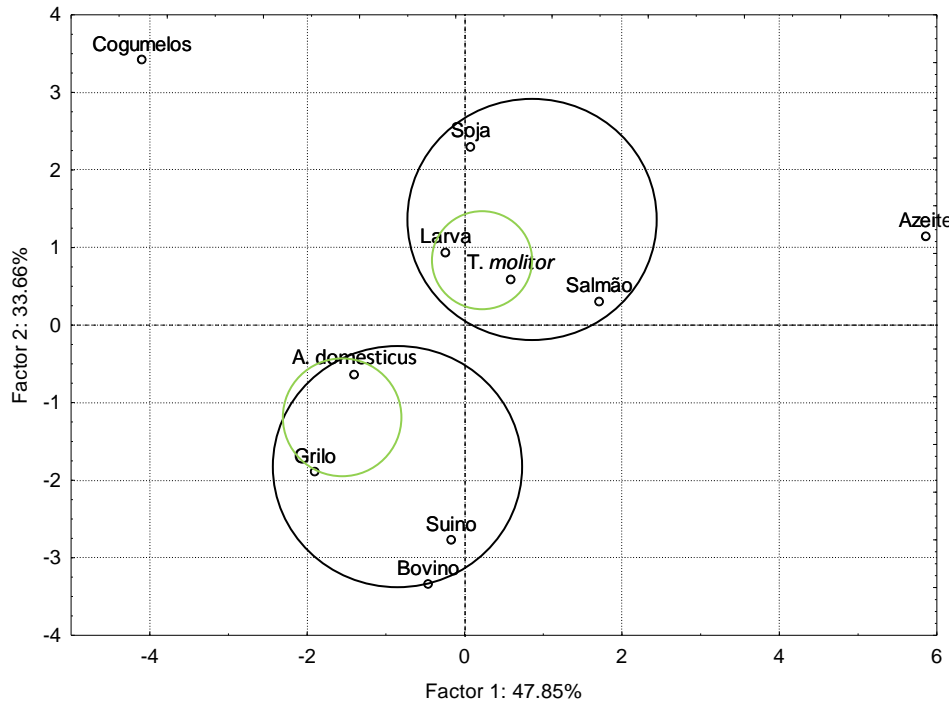


**Figura 10. Projeção dos parâmetros físico-químicos analisados no plano definido pelas duas primeiras componentes principais.** Legenda: H – humidade; Lip – lípidos; Prot – proteína; SFA – ácidos gordos saturados; C16:0 – ácido palmítico; C18:0 – ácido esteárico; MUFA – ácidos gordos monoinsaturados; C18:1 – ácido oleico; PUFA – ácidos gordos polinsaturados; C18:2 – ácido linoleico; C18:3 – ácido  $\alpha$ -linoléico; SFA/UFA – ácidos gordos saturados/ácidos gordos insaturados.

A projeção dos indivíduos no plano definido pelas duas primeiras componentes bem como os grupos homogêneos definidos pela análise hierárquica (análise de *cluster*, Figura 14 em anexo) estão representados na Figura 11. Pode observar-se que o azeite e os cogumelos se separam a distâncias euclidianas superiores a 8, ficando individualizados das restantes amostras.

A uma distância euclidiana de 6 formam-se dois grupos homogêneos. Um contém as carnes de bovino e suíno e os grilos da espécie *A. domesticus*, tanto a amostra referenciada em bibliografia (*A. domesticus*) como a amostra em estudo (Grilo). Estes por sua vez formam um grupo homogêneo a distância euclidiana de 4,2 separado das carnes de bovino e suíno. A amostra em estudo (Grilo) está separada da amostra referida na bibliografia (*A. domesticus*) a uma distância euclidiana de 2,6. Isto

acontece devido à amostra Grilo ser fortemente influenciada pelo valor de SFA, razão SFA/UFA e ligeiramente influenciada pelo C18:3, enquanto o *A. domesticus* apresenta valores equilibrados de MUFA PUFA e SFA.



**Figura 11. Projecção das amostras analisadas e de amostras referidas em bibliografia no plano definido pelas duas primeiras componentes principais, com grupos homogêneos assinalados.**  
 Legenda: Grilo - amostra da espécie *A. domesticus* em estudo; Larva - amostra da espécie *T. molitor* em estudo; *A. domesticus* - amostra da espécie *A. domesticus* referenciada em bibliografia; *T. molitor* - amostra da espécie *T. molitor* referenciada em bibliografia

O segundo grupo homogêneo contém o salmão, a soja e as larvas da espécie *T. molitor*, tanto a amostra referenciada em bibliografia (*T. molitor*) como a amostra em estudo (Larva). As duas separam-se a uma distância euclidiana de 1,7, sendo tal facto explicado principalmente pelo alto valor de lípidos (Lip) presente na amostra *T. molitor* e pelo valor de MUFA, nomeadamente o C18:1 e pela influencia do Fe e dos PUFA, nomeadamente o C18:2 na amostra Larva.

Face ao exposto e de forma global pode considerar-se que as larvas de *T. molitor* constituem um alimento que, atendendo aos parâmetros analisados, se assemelha a alimentos como a soja e o salmão. Por sua vez os grilos *A. domesticus* são alimentos mais próximos da carne de bovino e suíno.

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos no presente estudo permitem que se retirem as seguintes conclusões:

- Os insetos das espécies *A. domesticus* e *T. molitor* contêm um teor de proteína elevado (43% e 44% (m.s.) respetivamente), podendo constituir uma potencial fonte alternativa de proteína na alimentação humana.
- Ainda em relação à proteína, os grilos da espécie *A. domesticus* apresentam um maior teor de proteínas insolúveis, proteínas estruturais, cerca de 13,4% do total da proteína bruta. Enquanto nas larvas de *T. molitor* estas apresentam um teor de 5,4%.
- No que respeita ao teor lipídico, a espécie *A. domesticus* (17,7) e *T. molitor* (17,8%) apresentam um teor de cerca de 18%, sendo a fração lipídica das larvas *T. molitor* muito interessante sob ponto de vista nutricional, devido ao equilíbrio entre a gordura saturada e insaturada e aos ácidos gordos essenciais presentes.
- Relativamente aos ácidos gordos essenciais, verifica-se que 28,9% e 32,9% do total dos lípidos das espécies *A. domesticus* e *T. molitor*, respetivamente, correspondem aos ácidos gordos essenciais linoleico (C18:2) e  $\alpha$ -linolénico (C18:3). De salientar que as larvas apresentam um teor do ácido gordo C18:3 de 1,6%, sendo superior ao mesmo encontrado nas carnes de bovino e suíno.
- As espécies *A. domesticus* e *T. molitor* fornecem quantidades de ferro e zinco superiores à DDR (em 100g de matéria seca). Além destes minerais a espécie *A. domesticus* também contém manganês em quantidade superior à DDR, pelo que estes insetos podem ser utilizados como suplemento destes micronutrientes.
- A atividade antioxidante evidenciada pelos insetos, 103 para *A. domesticus* e 130 para *T. molitor* (expressa em TAEC  $\mu$ M de Trolox / g de inseto) faz com que os mesmos possam constituir um alimento de origem animal, rico em proteína e lípidos, mas menos suscetível à oxidação destes últimos.

## 6. Propostas de trabalhos futuros

- Quantificação dos aminoácidos presentes na proteína das espécies *A. domesticus* e *T. molitor*.
- Análise da qualidade e digestibilidade da proteína presente nas espécies *A. domesticus* e *T. molitor* em comparação com as proteínas animais e vegetais convencionais.
- Confeção de uma farinha alimentar enriquecida com insetos da espécie *A. domesticus* ou *T. molitor* e análise do seu valor nutricional em comparação com outras farinhas alimentares convencionais.
- Estudo das propriedades reológicas de uma farinha alimentar à base dos insetos das espécies *A. domesticus* e *T. molitor*, para perspetivar a respetiva utilização.
- Formulação de um *snack* nutritivo à base de insetos, como por exemplo um extrudido.

Dado que estas duas espécies se tratam de alimentos pouco divulgados entre nós e devido aos muitos preconceitos ainda existentes por parte dos consumidores, seria importante desenvolver um método de divulgação que enfatizasse os principais benefícios inerentes à entomofagia. São eles o facto de ser um recurso alimentar sustentável economicamente e ambientalmente e a sua riqueza como fonte de proteína animal, contendo uma gordura muito semelhante à gordura vegetal, rica em ácidos gordos essenciais.

Alguns exemplos de ferramentas a utilizar no processo de sensibilização do consumidor:

*Toolkits*: pequenos vídeos a falar sobre o tema.

*Spots* de televisão.

## 7. Bibliografia

Abbasi, T. & Abbasi, S. A., 2010. Biomass Energy And The Environmental Impacts Associated With Its Production And Utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, p. 919–937.

Acuña, A. M., Caso, L., Aliphath, M. M. & Vergara, C. H., 2011. Edible Insects As Part Of The Traditional Food System Of The Popoloca Town Of Los Reyes Metzontla, México. *Journal of Ethnobiology*, Volume 1, p. 150–169.

Arrese, E. L. & Soulages, J. L., 2010. Insect Fat Body: Energy, Metabolism And Regulation. *Annual Review of Entomology*, Volume 55, p. 207-225.

Barbehenn, R. V. & Stannard, J., 2004. Antioxidant Defense Of The Midgut Epithelium By The Peritrophic Envelope In Caterpillars. *Journal of Insect Physiology*, Volume 50, p. 783–790.

Barker, D., Fitzpatrick, M. P. & Dierenfeld, E. S., 1998. Nutrient Composition Of Selected Whole Invertebrates. *Zoo Biology*, Volume 17, p. 123-134.

Beijoca, M. S. R., 2014. *Encapsulamento De Extratos De Própolis Por Secagem Por Atomização E Estudos De Liberdade Controlada*. s.l.:Universidade de Lisboa.

Belluco, S. et al., 2013. Edible Insects In A Food Safety And Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Volume 12, p. 296-313.

BIO Intelligence, S., 2012. *Assessment Of Resource Efficiency In The Food Cycle: Final Report*, Paris: European Commission (DG ENV) in collaboration with AEA, Dr Donal Murphy-Bokern, Institute of Social Ecology Vienna and Institute for Environmental Studies.

Bligh, E. G. & Dyer, W. J., 1959. A Rapid Method Of Total Lipid Extraction And Purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Volume 37, p. 911-917.

Bodenheimer, F. S., 1951. *Insects As Human Food*. s.l.:Springer.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C., 1995. Use Of A Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, Volume 28, p. 25-30.

Cerritos, R., 2009. Insects As Food: An Ecological, Social And Economical Approach. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, Volume 4, p. 1-10.

Costa, S. et al., 2015. Fatty Acids, Mercury, And Methylmercury Bioaccessibility In Salmon (*Salmo salar*) Using An In Vitro Model: Effect Of Culinary Treatment. *Food Chemistry*, Volume 185, p. 268–276.

Das, M., Ganguly, A. & Haldar, P., 2012. Annual Biomass Production Of Two Acridids (Orthoptera: Acrididae) As Alternative Food For Poultry. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Volume 10, p. 671-680.

DeFoliart, G., 1995. Edible Insects As Minilivestock. *Biodiversity and Conservation*, Volume 4, pp. 306-321.

DeFoliart, G. R., 1999. Insects As Food: Why The Western Atitude Is Important. *Annual Review of Entomology*, Volume 44, p. 21-50.

Delgado, A. & Wall, K., 2014. *Famílias Nos Censos 2011 Diversidade E Mudança*, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística e Imprensa de Ciências Sociais.

Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K., 2010. *Forest Insects As Food: Humans Bite Back*. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Durst, P. B. & Shono, K., 2010. Edible Forest Insects: Exploring New Horizons And Traditional Practices. In: *Forest Insects As Food: Humans Bite Back*. Bangkok: FAO, pp. 1-3.

Elpidina, E. N. & Goptar, I. A., 2007. Digestive Peptidases In *Tenebrio Molitor* And Possibility Of Use To Treat Celiac Disease. *Entomological Research*, Volume 37, p. 139–147.

Enser, M. et al., 1996. Fatty Acid Content And Composition Of English Beef, Lamb And Pork At Retail. *Meat Science*, Volume 42, p. 443-456.

FAO, 2004. *Vitamin And Mineral Requirements In Human Nutrition*. Bangkok: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation.

FAO, 2011. *Lao PDR And FAO Achievements And Success Stories*. Vietnam: FAO Representation in Lao People's Democratic Republic.

FAO, 2014. *FAO Statistical Yearbook 2014 Near East And North Africa Food And Agriculture*, Cairo: FAO.

Fasoranti, J. O. & Ajiboye, D. O., 1992. Some Edible Insects Of Kwara State, Nigeria. *American Entomologist*, Volume 2, p. 113-116.

Figueiredo, E., 2009. *Invertebrados Aula 2, 3 e 4*. Lisboa, s.n.

Finke, M. D., 2002. Complete Nutrient Composition Of Commercially Raised Invertebrates Used As Food For Insectivores. *Zoo Biology*, Volume 21, p. 269–285.

Finke, M. D., 2007. Estimate Of Chitin In Raw Whole Insects. *Zoo Biology*, Volume 26, p. 105–115.

Freire, M. S., 2015. *Variação Sazonal Do Perfil Lipídico Da Corvina Produzida Em Aquacultura*. s.l.:Universidade de Lisboa.

FSIS, F. S. a. I. S., 2011. *Water In Meat And Poultry*, United States of América: United States Department of Agriculture (USDA).

Gallego, M. G. et al., 2013. Antioxidant Properties Of Three Aromatic Herbs (Rosemary, Thyme And Lavender) In Oil-In-Water Emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Volume 10, p. 1559-1568.

Gope, B. & Prasad, B., 1983. Preliminary Observation On The Nutritional Value Of Some Edible Insects Of Manipur. *Journal of Advanced Zoology*, Volume 4, p. 55-61.

Halloran, A. & Vantome, P., 2013. *The Contribution Of Insects To Food Security, Livelihoods And The Environment*, Roma: FAO.

Hanboonsong, Y., Jamjanya, T. & Durst, P. B., 2013. *Six-legged Livestock: Edible Insect Farming, Collection And Marketing In Thailand*. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Harris, M. & Ross, E., 1987. *Food And Evolution: Toward A Theory Of Human Food Habits*. Philadelphia: Temple University Press.

Higdon, J. & Drake, V. J., 2012. *An Evidence-Based Approach To Vitamins And Minerals: Health Benefits And Intake Recommendations*. Alemanha: Thieme.

Holt, V. M., 1885. Why Not?; Insects Eaters; Insects That Are Good To Eat And something About Their Cooking.. In: *Why Not Eat Insects?*. Londres: Field & Tuer, pp. 1-50.

Horne, I., Haritos, V. S. & Oakeshott, J. G., 2009. Comparative And Functional Genomics Of Lipases In Holometabolous Insects. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Volume 39, p. 547-567.

Hwangbo, J. et al., 2009. Utilization Of House Fly-Maggots, A Feed Supplement In The Production Of Broiler Chickens. *Journal of Environmental Biology*, Volume 30, p. 609-614.

Illgner, P. & Nel, E., 2000. The Geography Of Edible Insects In Sub-Saharan Africa: A Study Of The Mopane Caterpillar. *The Geographical Journal*, Volume 4, p. 336-351.

Itterbeeck, J. V., 2008. *Entomophagy And The West*. Wageningen: Wageningen Universiteit.

Kalac, P., 2009. Chemical Composition And Nutritional Value Of European Species Of Wild Growing Mushrooms: A Review. *Food Chemistry*, Volume 113, p. 9-16.

- Kim, S.-L. et al., 2013. Introduction And Nutritional Evaluation Of Germinated Soy Germ. *Food Chemistry*, Volume 136, p. 491-500.
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M. & Nout, M. J. R., 2012. Microbiological Aspects Of Processing And Storage Of Edible Insects. *Food Control*, Volume 26, p. 628-631.
- Kodondi, K. K., Leclercq, M. & Gaudin-Harding, F., 1987. Vitamin Estimations Of Three Edible Species Of Attacidae Caterpillars From Zaire. *The Food Insects Newsletter*, Volume 2, p. 4.
- Konuma, H., 2012. Foreword. In: *Forest Insects As food: Humans Bite Back*. Bangkok: FAO, p. iii.
- Kumar, S. K., 1990. Letters. *Food Insects Newsletter*, Volume 3, p. 4.
- Larsen, D., Quek, S. Y. & Eyres, L., 2010. Effect Of Cooking Method On The Fatty Acid Profile Of New Zealand King Salmon. *Food Chemistry*, Volume 119, p. 785–790.
- Leleup, N. & Daems, H., 1969. Les Chenilles Alimentaires Du Kwango. Causes De Leur Raréfaction Et Mesures Préconisées Pour Y Remédier. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*, Volume 16, p. 1-21.
- Lokeshwari, R. K. & Shantibala, T., 2010. A Review On The Fascinating World Of Insect Resources: Reason For Thoughts. *Hindawi Publishing Corporation*, Volume 1, p. 1-11.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P., 2014. State-Of-The-Art On Use Of Insects As Animal Feed. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 197, p. 1-33.
- Men, B. X., Ogle, B. & Preston, T. R., 2005. *Production And Evaluation Of Black Soldier Fly Larvae And Termites As Protein Supplements For Chickens*. Cantho, MEKARN-CTU.
- Mendoza, M. F. d. et al., 2013. Chemical Composition Of Virgin Olive Oils According To The Ripening In Olives. *Food Chemistry*, Volume 141, p. 2575–2581.
- Mitsuhashi, J., 1997. Insects As Traditional Foods In Japan. *Ecology of Food and Nutrition*, Volume 36, p. 187-199.
- Oonincx, D. G. A. B. et al., 2010. An Exploration On Greenhouse Gas And Ammonia Production By Insect Species Suitable For Animal Or Human Consumption. *PLoS ONE*, Volume 5, p. 1-7.
- Pace, C. N., Treviño, S., Prabhakaran, E. & Scholtz, J. M., 2004. Protein Structure, Stability And Solubility In Water And Other Solvents. *The Royal Society*, Volume 359, p. 1225-1235.

Paoletti, M. G., Norberto, L., Damini, R. & Musumeci, S., 2007. Human Gastric Juice Contains Chitinase That Can Degrade Chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, Volume 51, p. 244-251.

Passos de Carvalho, J., 1986. *Introdução À Entomologia Agrícola*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T. & Abbasi, S. A., 2011. Energy-Efficient Food Production To Reduce Global Warming And Ecodegradation: The Use Of Edible Insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, p. 4357– 4360.

Ramos-Elorduy, J., 1997. The Importance Of Edible Insects In The Nutrition And Economy Of People Of The Rural Areas Of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, Volume 36, p. 347-366.

Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R. & Pino, J. M., 2002. Use Of *Tenebrio Molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) To Recycle Organic Wastes And As Feed For Broiler Chickens. *Journal Economic Entomology*, Volume 95, p. 214-220.

Raubenheimer, D. & Rothman, J. M., 2013. Nutritional Ecology Of Entomophagy In Humans And Other Primates. *Annual Review of Entomology*, Volume 58, p. 141-160.

Ricardo Jorge, I. N. d. S. D., 2007. *Tabela Da Composição De Alimentos*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.

Richards, A. I., 1940. Land Labour And Diet In Northern Rhodesia, An Economic Study Of The Bemba Tribe. *American Anthropologist*, Volume 42, p. 676-680.

Rumpold, B. A. & Schlüter, O. K., 2013. Nutritional Composition And Safety Aspects Of Edible Insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, Volume 57, p. 802– 823.

Rumpold, B. A. & Schlüter, O. K., 2013. Potential And Challenges Of Insects As An Innovative Source For Food And Feed Production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Volume 17, p. 1-11.

Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F. G. & Manzano-Agugliaro, F., 2014. Insect Meal As Renewable Source Of Food For Animal Feeding: A Review. *Journal of Cleaner Production*, Volume 65, p. 16-27.

Santos Oliveira, J. F., Passos de Carvalho, J., Bruno de Sousa, R. F. X. & Simão, M. M., 1976. The Nutritional Value Of Four Species Of Insects Consumed In Angola. *Ecology of Food and Nutrition*, Volume 5, p. 91-97.

Siemianowska, E. et al., 2013. Larvae Of Mealworm (*Tenebrio Molitor* L.) As European Novel Food. *Agricultural Sciences*, Volume 4, p. 287-291.

Simopoulos, A. P., 1999. Essential Fatty Acids In Health And Chronic Disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 70, p. 560-569.

Simopoulos, A. P., 2002. The Importance Of The Ratio Of Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acids. *Biomed Pharmacother*, Volume 56, p. 365-379.

Smeanthman, H., 1781. Some Account Of The Termites, Which Are Found In Africa And Other Hot Climates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Volume 71, p. 139-192.

Smith, R. & Pryor, R., 2012. *Prote Insect: Enabling The Exploitation Of Insects As A Sustainable Source Of Protein For Animal Feed And Human Nutrition*, s.l.: Minerva.

Sogbesan, A. O. & Ugwumba, A. A. A., 2008. Nutritional Evaluation Of Termite (*Macrotermes subhyalinus*) Meal As Animal Protein Supplements In The Diets Of *Heterobranchus Longifilis* (Valenciennes, 1840) Fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Volume 8, p. 149-157.

Swain, T. & Hillis, W. E., 1959. The Phenolic Constituents Of *Prunus Domestica*. I.: The Quantitative Analysis Of Phenolic Constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 10, p. 63-68.

Swapna, H. C., Rai, A. K., Bhaskar, N. & Sachindra, N. M., 2010. Lipid Classes And Fatty Acid Profile Of Selected Indian Fresh Water Fishes. *Journal of Food Science and Technology*, Volume 4, p. 394-400.

Tzompa-Sosa, D. A. et al., 2014. Insect Lipid Profile: Aqueous Versus Organic Solvent-Based. *Food Research International*, Volume 62, p. 1087-1094.

van der Spiegel, M., Noordam, M. Y. & van der Fels-Klerx, H. J., 2013. Safety Of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) And Legislative Aspects For Their Application In Food And Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Volume 13, p. 662-678.

van Huis, A., 2013. Potential Of Insects As Food And Feed In Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, Volume 58, p. 563-583.

van Huis, A. et al., 2013. *Edible Insects: Future Prospects For Food And Feed Security*. Roma: FAO.

Vandecasteele, C. & Block, C. B., 1993. *Modern Methods For Tracce Elements Determination*. Chichester: Wiley.

Walker, T. J., 2014. *House Cricket, Acheta Domesticus (Linnaeus) (Insecta: Orthoptera: Gryllidae)*, Florida: IFAS Extension University of Florida.

Wang, D. et al., 2005. Evaluation On Nutritional Value Of Field Crickets As A Poultry Feedstuff. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Volume 18, p. 667-670.

Yen, A. L., 2009. Entomophagy And Insect Conservation: Some Thoughts For Digestion. *Journal of Insect Conservation*, Volume 13, p. 667-670.

Yen, A. L., 2010. Edible Insects And Other Invertebrates In Australia: Future Prospects. In: *Forest Insects As Food: Humans Bite Back*. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific, p. 65-84.

Yhoun-Aree, J. & Viwatpanich, K., 2005. Edible Insects In The Laos PDR Myanmar Thailand And Vietnam. In: M. G. Paoletti, ed. *Ecological Implications Of Minilivestock: Potential Of Insects, Rodents, Frogs And Snails*. New Hampshire: Science Publishers, p. 415-440.

## Anexos

Tabela 15. Perfil completo dos ácidos gordos analisados em GC (g/100g de gordura)

Ácidos gordos	<i>T. molitor</i>	<i>A. domesticus</i>
11:0	0,1	0,1
13:0	0,03	0
14:0	1,7	1,3
15:0 isobr	0	0,1
15:0 ante-iso	0	0,2
15:0	0,1	0,2
16:0	16,7	34,2
16:1 $\omega$ 9	0,4	0,5
16:1 $\omega$ 7	1,2	1,1
17:0 isobr	0,2	0,1
16:2 $\omega$ 4	0	0,1
17:0	0,2	0,2
16:3 $\omega$ 4	0,2	0,1
16:4 $\omega$ 3	0,05	0
18:0	3,6	8,0
18:1 $\omega$ 9	33,3	20,4
18:1 $\omega$ 7	0,1	0,2
18:1 $\omega$ 5	0	0
18:2 $\omega$ 6	31,3	27,9
19:0	0,1	0,04
18:3 $\omega$ 3	1,6	1,0
18:4 $\omega$ 3	0,1	0,1
20:0	0,2	0,4
20:1 $\omega$ 9	0,2	0,1
20:1 $\omega$ 7	0,05	0,1
20:2 $\omega$ 6	0,1	0,05
20:4 $\omega$ 6	0	0,2
20:3 $\omega$ 3	0	0,2
22:0	0,1	0,1
	91,8	97,0
Total SFA	23,2	44,9
Total MUFA	35,3	22,4
Total PUFA	33,3	29,7
Total $\omega$ 3 (3 $\omega$ )	1,7	1,3
Total $\omega$ 6 (6 $\omega$ )	31,4	28,2
Razão $\omega$ 3/ $\omega$ 6	0,01	0,005

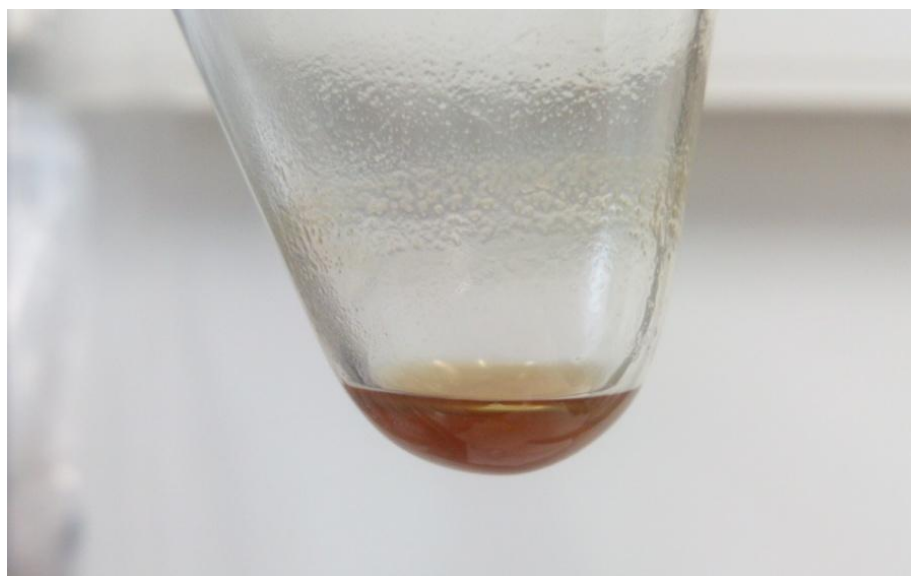


Figura 12. Extrato lipídico obtido para a espécie *T. molitor*.

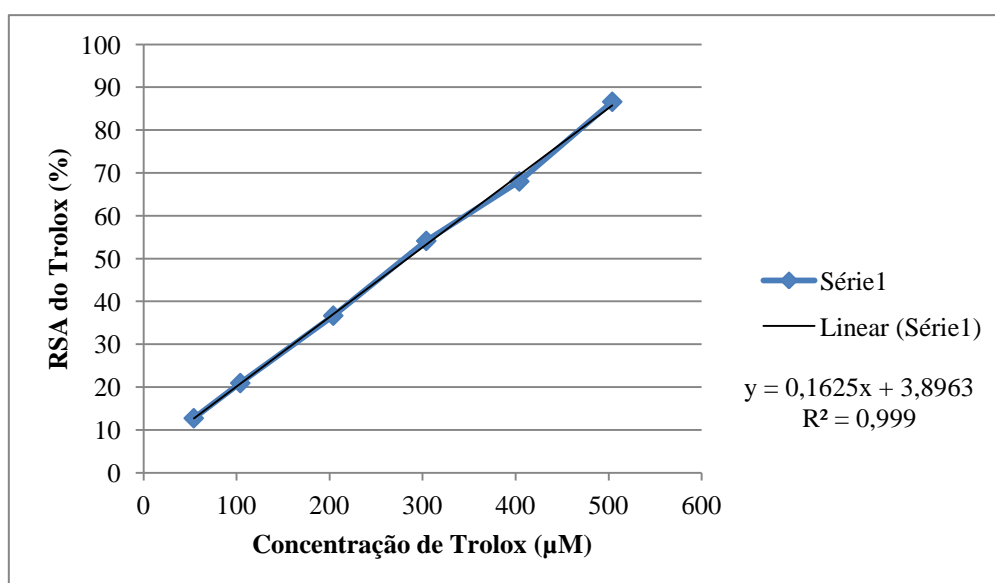


Figura 13. Curva de calibração com Trolox para o método DPPH

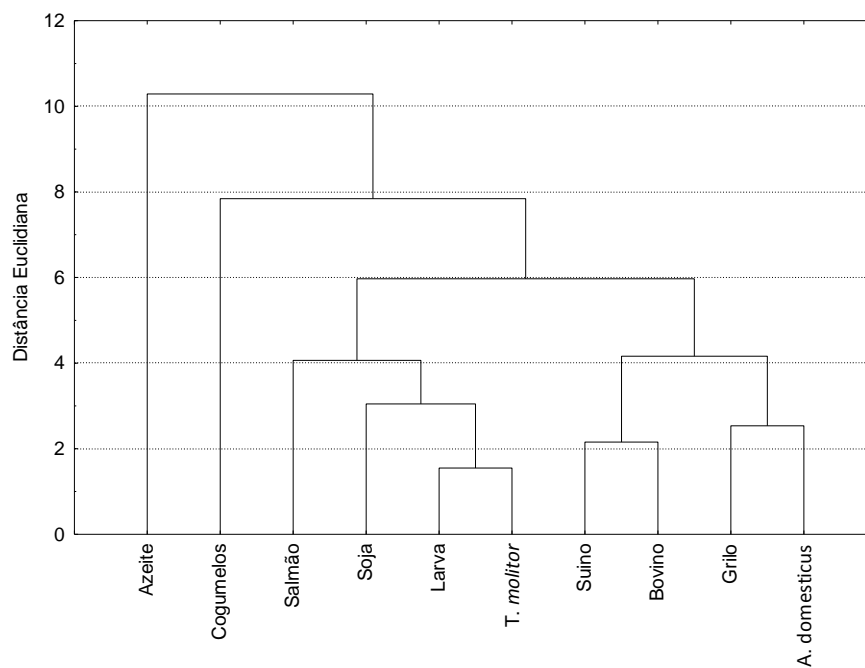


Figura 14. Análise de *cluster*: separação dos indivíduos em grupos homogêneos