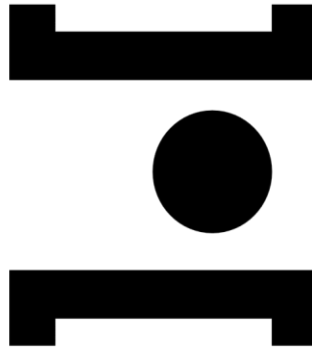


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**

**Escola Superior Agrária**



**POLITÉCNICO  
DE SANTARÉM**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO EM SISTEMAS  
AGRÍCOLAS EM PORTUGAL - METODOLOGIA QBS-ar.**

**Dissertação**

**Mestrado em Engenharia Agronómica**

**Mário Jorge Mendes Duarte**

**Orientação:**

**Doutora Elsa de Jesus Centeio Valério**

Abril, 2025

## Lista de abreviaturas e siglas

- **ca.:** Aproximadamente ("*Circa*").
- **CAM:** Campotec (campo de ensaio).
- **CHA:** Chamusca (campo de ensaio).
- **CF:** Casal das Freiras (campo de ensaio).
- **cm:** Centímetros.
- **CO:** Consociação (modalidade de ensaio).
- **e.g.:** Por exemplo ("*exempli gratia*").
- **EL:** Entre-linha (modalidade de ensaio).
- **EME:** Emergosol (campo de ensaio).
- **EMI:** Índice Eco-Morfológico.
- **L:** Linha (modalidade de ensaio).
- **m:** Metro.
- **mm:** Milímetro.
- **MPB:** Modo de Produção Biológico.
- **PAC:** Política Agrícola Comum.
- **PIB:** Produto Interno Bruto.
- **QBS-ar:** Qualidade Biológica do Solo – artrópodes.
- **SJB:** São João de Brito (campo de ensaio).
- **TE:** Testemunha (modalidade de ensaio).
- **Vs.:** Contra ("*Versus*").
- **µm:** Micrómetro.

## Resumo

Os solos sustentam vários setores da economia e são vitais para a sobrevivência humana, sendo estimado que 99% dos alimentos do mundo provenham dos mesmos. No entanto, durante o último século, estes têm vindo a ser sobre-explorados, provocando a degradação da sua qualidade e biodiversidade, com consequentes impactos severos nos agroecossistemas e no meio ambiente.

O setor agrícola em Portugal, encontra-se particularmente sujeito a uma grande diversidade de condições que causam evidentes dificuldades económicas e ambientais, em particular nas áreas de produção hortícolas e frutícolas, que ocupam áreas muito significativas do território e correspondem a cadeias de valor de elevada importância económica e social, principalmente nas regiões do Ribatejo e Oeste.

Desta forma, existe uma forte necessidade de usar indicadores capazes de expressar critérios de qualidade, bem como de avaliar e monitorizar a qualidade dos solos. De entre vários, o índice QBS-ar, tem sido relatado em numerosas publicações nas últimas décadas e tem sido considerado um protocolo padrão para medir a qualidade do solo em vários programas de Investigação em ecossistemas europeus, sendo também referido na mais recente proposta de lei europeia de monitorização do solo.

Este estudo pretendeu avaliar qualidade biológica do solo, em sistemas agrícolas em Portugal, onde foram aplicadas diferentes práticas melhoradoras do solo. Entre 2022 e 2024, avaliaram-se seis campos com culturas hortícolas (região Alentejo litoral) e horto-industriais (região Ribatejo e Oeste), onde se instalaram culturas de cobertura biodiversas precedentes às culturas principais. Foram também avaliados dois campos frutícolas entre 2023 e 2024 (região Ribatejo e Oeste) onde se comparou em i) os períodos de aplicação pré/pós-herbicida, e em ii) modalidades com gestão de infestantes por herbicida vs. monda mecânica.

A avaliação foi efetuada através da metodologia QBS-ar, tendo sido recolhidas amostras de solo, por meio de uma sonda (20cm de profundidade), durante a permanência das culturas de cobertura e das principais, e comparadas com modalidades de controlo. Em laboratório, procedeu-se à extração da mesofauna através de extratores *Berlese-Tullgren*, e à sua classificação através de índices EMI.

Os resultados obtidos nos campos hortícolas apontam para uma melhoria na qualidade biológica do solo ( $p = 0,002$ ), nas parcelas onde foram inseridas culturas de cobertura, comparativamente às modalidades de controlo. Nos campos frutícolas, os resultados sugerem uma redução da biodiversidade do solo nos momentos de amostragem pós-herbicida, contra os momentos antecessores; assim como vantagens no corte mecânico de infestantes contra a monda por herbicida.

**Palavras-chave:** Agricultura; Monitorização do solo; Biodiversidade; Artrópodes.

## ***Abstract***

Soils support various sectors of the economy and are vital for human survival, being estimated that 99% of the world's food originates from land. However, over the past century, they have been overexploited, leading to the degradation of their quality and biodiversity, with severe consequences for agroecosystems and the environment.

The agricultural sector in Portugal is particularly subjected to a wide range of conditions, that cause evident economic and environmental challenges, especially in the horticultural and fruit production areas. These sectors occupy significant portions of the territory and are part of important economic and social chains, particularly in the Ribatejo and Oeste regions.

Thus, the need to use indicators capable of expressing soil criteria, as well as evaluating and monitoring its quality, is deemed highly important. Among various options, the QBS-ar index has been reported in numerous publications over the past decades and has been considered a standard protocol for measuring soil quality in several research programs within European ecosystems; being in addition, referenced in the latest European soil monitoring legislative proposal.

This study aimed to assess the soil biological quality in agricultural systems in Portugal, where different soil-improving practices were implemented. Between 2022 and 2024, six fields with horticultural crops (Alentejo Litoral region) and horto-industrial crops (Ribatejo and Oeste regions) were evaluated, where cover crops were implemented before the main crops. Two fruit orchards were also assessed between 2023 and 2024 (Ribatejo and Oeste regions), where comparisons were made between i) pre- and post-herbicide application periods, and ii) weed management using herbicides vs. mechanical weeding.

The evaluation was carried out using the QBS-ar methodology, where soil samples were collected using a probe (20 cm deep) during the presence of both cover and main crops and compared with control plots. In the laboratory, mesofauna was extracted using Berlese-Tullgren extractors and classified using EMI indices.

The results obtained in horticultural fields indicate an improvement in the biological quality of the soil ( $p = 0.002$ ) in the plots where cover crops were introduced, compared to the control plots. In fruit orchards, results show a reduction in soil biodiversity during post-herbicide sampling periods compared to pre-herbicide periods, as well as benefits of mechanical weed cutting over herbicide use ( $p = 0.132$ ).

**Keywords:** Agriculture; Soil monitoring; Biodiversity; Arthropods.

# Índice Geral

<b>1 – Introdução</b> .....	1
<b>2 - Revisão bibliográfica</b> .....	3
<b>2.1 – Agricultura em Portugal</b> .....	3
2.1.1 – Práticas agrícolas .....	3
2.1.2 – Culturas hortícolas .....	4
2.1.3 – Culturas perenes .....	5
<b>2.2 – Agricultura e solo</b> .....	6
2.2.1 – Gestão da flora infestante .....	7
2.2.2 – Culturas de cobertura .....	8
<b>2.3 – Biodiversidade do solo</b> .....	9
<b>2.4 – Bioindicadores da qualidade do solo</b> .....	10
<b>2.5 – Índice QBS-ar</b> .....	11
2.5.1 – Metodologia QBS-ar .....	13
<b>2.6 – Microartrópodes bioindicadores</b> .....	16
2.6.1 – Formas juvenis .....	17
2.6.2 – Subfilo Chelicerata .....	22
2.6.3 – Subfilo Crustacea .....	25
2.6.4 – Subfilo Hexapoda .....	26
2.6.5 – Subfilo Myriapoda .....	34
<b>3 - Materiais e Métodos</b> .....	39
<b>3.1 – Campos de ensaio</b> .....	39
3.1.1 – Culturas Hortícolas .....	40
3.1.2 – Culturas Frutícolas .....	46
<b>3.2 – Técnica de amostragem</b> .....	48
<b>3.3 – Extração dos microartrópodes</b> .....	48
<b>3.4 – Classificação dos microartrópodes e atribuição do QBS-ar</b> .....	49
<b>3.5 – Tabelas de classificação QBS-ar</b> .....	50
<b>3.6 – Escalas de classificação QBS-ar</b> .....	53
<b>3.7 – Análise estatística</b> .....	53
<b>4 – Resultados e discussão</b> .....	54
<b>4.1 – Campos hortícolas</b> .....	54
4.1.1 – Campotec .....	54
4.1.2 – Chamusca .....	55
4.1.3 – Casal das Freiras .....	56

4.1.4 – Emergosol .....	57
4.1.5 – São João de Brito .....	58
4.1.6 – TEF .....	59
4.1.7 – Análise estatística dos campos hortícolas .....	60
4.2 – Campos Frutícolas .....	62
4.2.1 – Cadaval .....	62
4.2.3 – Quinta Nova .....	65
5 - Conclusões.....	68
6 - Referências Bibliográficas.....	69
Anexos .....	77
Imagens de taxa capturados durante o processamento das amostras de solo.....	78

## Índice de Figuras

Figura 1 - Tabela de atribuição de valores EMI para o cálculo do índice QBS-ar .....	15
Figura 2 - Representação básica dos ciclos de vida .....	17
Figura 3 - Exemplos de tipos de larvas homometábolos .....	18
Figura 4 - Exemplos de de larvas polípodes .....	19
Figura 5 - Exemplos de larvas oligópodes .....	19
Figura 6 - Exemplos de larvas ápodas .....	20
Figura 7 - Chave ilustrada para a identificação de larvas de insetos .....	21
Figura 8 - Forma básica de Acari.....	22
Figura 9 - Forma básica de Araneae .....	23
Figura 10 - Forma básica de Pseudoscorpiones .....	24
Figura 11 - Forma básica de Isopoda .....	25
Figura 12 - Forma básica de Coleoptera .....	26
Figura 13 - Forma básica de Formicidae.....	27
Figura 14 - Formas básicas de Collembola .....	29
Figura 15 - Exemplos de espécies de colêmbolos adaptados a diferentes camadas do solo .....	31
Figura 16 - Forma básica de Diplura .....	32
Figura 17 - Forma básica de Protura.....	33
Figura 18 - Formas básicas das ordens de Chilopoda .....	35
Figura 19 - Formas básicas das ordens de Diplopoda .....	36
Figura 20 - Forma básica de Pauropoda .....	37
Figura 21 - Forma básica de Symphyla .....	38
Figura 22 – Localização relativa dos campos de ensaio. ....	39
Figura 23 – Vista aérea e localização das parcelas do campo: Campotec. ....	40
Figura 24 – Modalidades de ensaio do campo: Campotec.....	40
Figura 25 – Vista aérea e localização das parcelas do campo: Chamusca. ....	41
Figura 26 - Modalidades de ensaio do campo: Chamusca .....	41
Figura 27 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: Casal das Freiras. ....	42
Figura 28 - Modalidades de ensaio do campo: Casal das Freiras .....	42
Figura 29 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: Emergosol. ....	43
Figura 30 - Modalidade de ensaio “Consociação” do campo: Emergosol .....	43
Figura 31 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: São João de Brito. ....	44
Figura 32 - Modalidades de ensaio do campo: S. João de Brito.....	44
Figura 33 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: TEF. ....	45
Figura 34 - Cultura principal no campo: TEF .....	45
Figura 35 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: CAD.....	46
Figura 36 – Linhas no campo: CAD .....	46
Figura 37 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: QN. ....	47
Figura 38 - Enrelvamento no campo: CAD. ....	47
Figura 39 - Procedimento de recolha de amostras de solo .....	48
Figura 40 - Extração dos microartrópodes em extrator do tipo <i>Berlese-Tüllgren</i> .....	48
Figura 41 - Observação dos microartrópodes através de microscópio estereoscópico.....	49
Figura 42 - Preservação dos microartrópodes em tubos <i>Eppendorf</i> .....	49
Figura 43 - Tabela de classificação QBS-ar (i).....	50
Figura 44 - Tabela de classificação QBS-ar (ii).....	51
Figura 45 - (a) Escala visual colorimétrica; (b) exemplo de apresentação de resultados .....	53

<b>Figura 46 - Resultados QBS-ar no campo “Campotec”</b> .....	54
<b>Figura 47 - Resultados QBS-ar no campo “Chamusca”</b> .....	55
<b>Figura 48 - Resultados QBS-ar no campo “Casal das Freiras”</b> .....	56
<b>Figura 49 - Resultados QBS-ar no campo “Emergosol”</b> .....	57
<b>Figura 50 - Resultados QBS-ar no campo “São João de Brito”</b> .....	58
<b>Figura 51 - Resultados QBS-ar no campo “TEF”</b> .....	59
<b>Figura 52 – Gráfico Boxplot dos campos hortícolas</b> .....	60
<b>Figura 53 - Teste não paramétrico Mann-Whitney U, para os campos hortícolas</b> .....	61
<b>Figura 54 - Resultados QBS-ar no campo “Cadaval”</b> .....	62
<b>Figura 55 - Gráfico Boxplot do campo “Cadaval”</b> .....	63
<b>Figura 56 Resultados QBS-ar no campo “Quinta Nova”</b> .....	65
<b>Figura 57 - Gráfico Boxplot do campo “Quinta Nova”</b> .....	66

## Índice de Quadros

Quadro 1 – Identificação da exploração: CAM. ....	40
Quadro 2 – Períodos de amostragem na exploração CAM .....	40
Quadro 3 - Identificação da exploração: CHA .....	41
Quadro 4 - Períodos de amostragem na exploração CHA .....	41
Quadro 5 - Identificação da exploração: CF .....	42
Quadro 6 - Períodos de amostragem na exploração CF .....	42
Quadro 7 - Identificação da exploração: EME.....	43
Quadro 8 - Períodos de amostragem na exploração EME.....	43
Quadro 9 - Identificação da exploração: SJB.....	44
Quadro 10 - Períodos de amostragem na exploração SJB.....	44
Quadro 11 - Identificação da exploração: TEF .....	45
Quadro 12 - Períodos de amostragem na exploração TEF .....	45
Quadro 13 - - Identificação da exploração: CAD.....	46
Quadro 14 - Períodos de amostragem na exploração CAD .....	46
Quadro 15 - - Identificação da exploração: QN .....	47
Quadro 16 - Períodos de amostragem na exploração QN.....	47
Quadro 17 - Tabela de atribuição de Índices EMI para a classe Collembola .....	52
Quadro 18 - Tabela de atribuição de Índices EMI para a ordem Coleoptera .....	52
Quadro 19 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Campotec” .....	54
Quadro 20 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Chamusca” .....	55
Quadro 21 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Casal das Freiras” .....	56
Quadro 22 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Emergosol” .....	57
Quadro 23 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “S. João de Brito” .....	58
Quadro 24 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “TEF” .....	59
Quadro 25 - Resumo dos índices QBS-ar nos campos hortícolas.....	60
Quadro 26 - Estatística dos campos hortícolas .....	61
Quadro 27 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Cadaval” .....	62
Quadro 28 - Resumo dos índices QBS-ar no campo “Cadaval” .....	63
Quadro 29 - Estatística do campo “Cadaval” .....	63
Quadro 30 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Quinta Nova” .....	65
Quadro 31 - Resumo dos índices QBS-ar no campo “Quinta Nova” .....	66
Quadro 32 - Estatística do campo “Quinta Nova” .....	67

## 1 – Introdução

O solo é um dos habitats mais diversos da Terra, estimando-se que abrigue mais de um quarto da biodiversidade global. Este facto deve-se à sua complexa natureza física e química, que oferece uma grande variedade de habitats para uma multitude de organismos, que por sua vez promovem serviços essenciais do ecossistema, desde a regulação dos ciclos de nutrientes, da água e do clima; bem como o crescimento das plantas, até à produção de alimentos. Sem solo, o planeta como o conhecemos não existiria (Orgiazzi et al., 2016).

No entanto, durante o último século, os solos têm sido sobre-explorados pelos seres humanos através da agricultura e do desenvolvimento industrial (Menta et al., 2018), tendo vindo a provocar a degradação da sua qualidade e biodiversidade, com consequentes impactos severos nos agroecossistemas e no meio ambiente. Isto é visto como uma grande ameaça para o futuro (Solbrig, 1991), uma vez que as consequências destes impactos, juntamente com as alterações induzidas pelas alterações climáticas, têm vindo progressivamente a reduzir o potencial dos solos para sustentar as necessidades humanas, tendo assim a integridade do solo se tornado uma questão crítica ao nível global (Mace et al., 2012), (Maes et al., 2014).

Desta forma, a necessidade de avaliar os diferentes aspetos da degradação do solo, tornou-se uma prioridade na sua gestão e proteção (Menta et al., 2018). Nos últimos vinte anos, foram desenvolvidos índices biológicos baseados na fauna do solo para complementar os métodos físico-químicos já testados, uma vez que a alteração nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas pode afetar a sua fauna, em termos de biodiversidade, abundância e relações funcionais entre taxa. Por conseguinte, comunidades de fauna do solo bem desenvolvidas e diversificadas são geralmente encontradas em solos que apresentam boa qualidade em termos de conteúdo de matéria orgânica, ausência de poluição e perturbações (Menta & Remelli, 2020).

Entre a biota do solo, os artrópodes representam um dos componentes mais importantes das suas comunidades, encontrando-se envolvidos em vários processos, como a fragmentação, translocação e decomposição da matéria orgânica, bem como a ciclagem de nutrientes e a formação da estrutura do solo. Além disso, alguns grupos são altamente sensíveis a alterações, uma vez que vivem, alimentam e se reproduzem no solo, estando extremamente adaptados a condições muito específicas (Parisi et al., 2005).

Entre os vários índices desenvolvidos, o índice QBS-ar (Qualidade Biológica do Solo-artrópodes) relaciona a biodiversidade da comunidade de microartrópodes com o grau de vulnerabilidade do

solo. Até agora, numerosas publicações têm relatado os resultados da sua aplicação (Menta et al., 2018), tendo sido considerado um protocolo padrão para medir a fauna do solo em programas de Investigação em ecossistemas europeus (Firbank et al., 2017), sendo referido no relatório da Comissão Europeia (EC, 2010), bem como na mais recente proposta de lei europeia para monitorização do solo (EC, 2024a).

Este estudo pretendeu avaliar qualidade biológica do solo, em sistemas agrícolas em Portugal, onde foram aplicadas diferentes práticas melhoradoras do solo:

- a) Campos com culturas hortícolas e horto-industriais: instalação de culturas de cobertura com misturas biodiversas, precedentes às culturas principais. Em cada campo, foram realizadas amostragens de solo durante a permanência das culturas de cobertura e das culturas principais, tendo sido comparadas com modalidades de controlo.
- b) Campos frutícolas: (CAD) avaliação da qualidade biológica do solo antes e após a aplicação de herbicida na linha, e (QN) comparação entre modalidades com gestão de infestantes por herbicida vs. modalidades com gestão por monda mecânica.

## 2 - Revisão bibliográfica

### 2.1 – Agricultura em Portugal

#### 2.1.1 – Práticas agrícolas

Desde a adesão à Comunidade Económica Europeia em 1986, o setor agrícola em Portugal passou por mudanças substanciais, principalmente devido às reformas nas políticas da PAC (Política Agrícola Comum) (Martinho, 2017). Embora a importância económica da agricultura no contexto nacional seja pequena (ca. 3% do PIB – Produto Interno Bruto), este é o único sector de atividade para o qual estão alocados recursos muito superiores ao seu peso económico; sendo esta desproporção justificada pelas suas outras valências como a segurança alimentar, a gestão dos territórios e paisagem, bem como a manutenção da biodiversidade (Carvalho & Serralheiro, 2021).

A agricultura portuguesa é bastante variada, e encontra-se sujeita a uma grande diversidade de condições climáticas, topográficas e pedológicas (EC, 2024b), que causam evidentes dificuldades económicas e ambientais. De entre estas dificuldades destacam-se a variabilidade do clima, que condiciona o itinerário técnico das culturas; a baixa fertilidade dos solos, com restrições físicas, químicas e biológicas; a perda de biodiversidade (Carvalho & Serralheiro, 2021); para além de assimetrias espaciais (Martinho, 2017) como a intensificação agrícola em algumas regiões e abandono em outras (Stoate et al., 2009).

A União Europeia mostra que pretende para este sector de atividade, objetivos de valores como: uma agricultura economicamente e ambientalmente sustentável, promotora de biodiversidade, e de segurança alimentar; que conserve e melhore os recursos naturais que utiliza, em especial o solo e a água; aumentando o teor de matéria orgânica no solo e dessa forma participando decisivamente nos processos de descarbonização e de combate às alterações climáticas (PEPAC, 2021).

De facto, a melhoria das funções do solo é o aspeto mais relevante na sustentabilidade da agricultura, tendo em conta a sua adaptação às alterações climáticas e a sua capacidade para prestar serviços aos ecossistemas, que depende de um conjunto complexo de propriedades que interatuam entre si (Carvalho & Serralheiro, 2021). Apesar das várias políticas para promover práticas agrícolas compatíveis com o ambiente, alguns problemas persistem, nomeadamente em termos da qualidade do solo. Vários estudos destacam a importância de políticas mais ajustadas, tendo em conta as especificidades de cada região e identificando soluções para os compromissos de sustentabilidade (Martinho, 2017). Claramente, o setor agrícola português necessita de enfrentar estes desafios, melhorando a investigação (Avillez, 2005).

### 2.1.2 – Culturas hortícolas

A produção hortícola nacional corresponde a uma cadeia de valor de elevada importância económica, encontrando-se principalmente concentrada nas zonas Centro, e Alentejo, incluindo uma grande variedade de espécies produzidas de forma intensiva (DRAP, 2024).

Na região do Ribatejo, os sistemas de culturas hortícolas predominantes assentam em culturas com elevada intervenção fitotécnica, com vários ciclos culturais por ano, em muitas situações com a mesma espécie (monocultura). As atuais tecnologias de produção implicam utilização de elevados inputs de energia e fatores de produção, em grande parte na mobilização do solo, aplicação de pesticidas e fertilizantes. Esta monocultura e intensificação cultural conduzem a problemas fitotécnicos de difícil resolução (Nunes, 2018), o que resulta em desequilíbrios de biodiversidade, perda de fertilidade e degradação progressiva dos solos (Fareleira et al., 2023).

Da mesma forma, tem-se vindo a verificar nestes sistemas, um aumento de prejuízos associados à flora infestante com impacto negativo na produtividade e qualidade dos produtos. O uso excessivo de produtos fitofarmacêuticos, para além de representar um valor elevado na conta de cultura dos produtores, leva por vezes de forma irreversível, a desequilíbrios e prejuízos nos ecossistemas agrários, em termos de poluição da água, do solo e perda de biodiversidade (Martins, 2020). Tudo isto tende a agravar-se no cenário das alterações climáticas, havendo assim uma necessidade urgente de adotar estratégias de produção alternativas e mais ecológicas (Fareleira et al., 2023), uma vez que se projeta até ao fim deste século o agravamento das tendências observadas, podendo vir a verificar-se um conjunto de mudanças, incluindo um aumento generalizado da frequência de fenómenos meteorológicos extremos (FNOP, 2020).

As tendências climáticas referidas implicarão diversas mudanças em termos de vegetação, solos, disponibilidade de água e clima local e, conseqüentemente, o aumento das condições de stress ambiental e a redução da sobrevivência dos microrganismos do solo que têm um papel fundamental na sua manutenção, estrutura e fertilidade. Portugal, pela sua localização, será potencialmente muito afetado por este fenómeno e, neste contexto, o país deve criar as condições necessárias, no caso da agricultura, garantindo a segurança alimentar, colocada em causa pela eventual perda de condições adequadas para a produção de alimentos. A resposta terá de envolver processos de gestão do risco que incluam quer adaptação, quer mitigação e que tenham em conta os prejuízos, os benefícios e a sustentabilidade (FNOP, 2020).

### 2.1.3 – Culturas perenes

A implementação de culturas perenes em Portugal, tem sofrido nas últimas décadas grandes alterações ao nível das técnicas de instalação e gestão, tendo o sistema convencional (ainda amplamente usado) vindo a ser substituído pela produção integrada e pelo MPB (Modo de Produção Biológico). Esta mudança deve-se a fatores económicos, à consciencialização para questões ambientais e às exigências do mercado (Portugal et al., 2017).

As principais culturas perenes em Portugal ocupam áreas muito significativas do território, assumindo grande importância económica e social nas regiões onde estão implantadas (Portugal et al., 2017), como os pomares de macieiras (*Malus domestica*) e pereiras (*Pyrus communis*) na região do Ribatejo e Oeste onde se encontram as maiores áreas destas culturas (Batista, 2016).

É de referir que a flora infestante nestas culturas, pode causar prejuízos de ordem económica não negligenciáveis, sendo o seu combate uma prática corrente (Portugal et al., 2017), principalmente através do uso do herbicida glifosato, cuja adoção resulta de um modo geral, da facilidade da sua utilização, e do baixo custo relativo da sua aplicação (Calha & Portugal, 2014); sendo que no entanto, esta prática tem levado à ocorrência de populações de pragas resistentes em algumas culturas (Calha et al., 2013).

Mais recentemente, tem sido reconhecido o papel positivo de alguma vegetação espontânea nos pomares (Portugal et al., 2017). Tendo em consideração os seus benefícios e prejuízos, a melhor atitude a tomar é a de permitir a sua presença em condições que permitam retirar partido dos seus aspetos benéficos, e evitar os aspetos negativos. Esta opção implica, no entanto, um conhecimento profundo da vegetação e das espécies presentes, sendo possível implementar com base nestes conhecimentos um sistema de gestão que permita uma melhor sustentabilidade da cultura em termos económicos, ecológicos e sociais (Boller et al., 2004; IOBC, 2004).

Da mesma forma, a técnica do enrelvamento é um sistema sustentável de gestão recomendado, uma vez que contribui positivamente para o solo no sentido de diminuir a erosão da superfície; aumentar a fertilidade, o arejamento, a infiltração e a retenção de água; diminuir a lixiviação de azoto e de resíduos de produtos fitofarmacêuticos; melhorar a transitabilidade das máquinas; entre outras (Portugal et al., 2017). Quanto ao efeito do enrelvamento na fauna auxiliar, um ensaio desenvolvido por Campos et al. (2006) na região Oeste, mostrou que as populações de insetos auxiliares eram maiores em vinhas com enrelvamento permanente do que em vinhas mobilizadas, verificando-se ainda que a intensidade de ataque de cigarrinha-verde (*Empoasca vitis*) foi menor nas modalidades com enrelvamento permanente.

## 2.2 – Agricultura e solo

Os solos sustentam vários setores da nossa economia e são vitais para a sobrevivência humana, sendo estimado que 99% dos alimentos do mundo provenham do ambiente terrestre. Nas últimas décadas, os solos dos agroecossistemas foram modificados através de práticas de gestão intensiva de tal forma, que alguns requereram reclassificação como Antrossolos. A par disto, o aumento global dos sistemas de produção coincidiu com problemas substanciais de erosão, perda de carbono e azoto, salinização, acidificação e aumento de pragas (Orgiazzi et al., 2016).

As atividades agrícolas representam uma das formas mais intensivas de uso da terra (Tsiafouli et al., 2015), tendo vindo a provocar mudanças profundas nos agroecossistemas e impactos severos no meio ambiente. Entre esses impactos, a degradação da qualidade do solo e a redução da biodiversidade são vistas como uma grande ameaça para o futuro (Solbrig, 1991). Estes impactos, dependem fortemente das práticas de gestão adotadas, tendo os sistemas de agricultura convencional intensivos um impacto maior na biodiversidade do solo do que as práticas conservadoras de baixo *input*, como a sementeira direta, a utilização de culturas de cobertura e a rotação de culturas (Tsiafouli et al., 2015; Menta et al., 2018).

As consequências dos impactos humanos nos solos e das alterações induzidas pelas mudanças climáticas têm vindo progressivamente a reduzir o potencial dos solos para sustentar as necessidades humanas, tendo a integridade do solo se tornado uma questão crítica (Mace et al., 2012; Maes et al., 2014). Desta forma, vários países estão a abordar as questões de declínio do solo através de estratégias de conservação, como a proteção integrado de pragas, a aplicação direcionada de produtos, culturas diversificadas e coberturas do solo (Orgiazzi et al., 2016).

### **2.2.1 – Gestão da flora infestante**

As infestantes são uma restrição e apresentam um custo significativo para a produção agrícola em todo o mundo. Historicamente, o seu controlo foi tradicionalmente alcançado manualmente ou mecanicamente envolvendo alguma forma de mobilização do solo, que embora seja eficaz para reduzir a incidência de infestantes e preparar o solo para as culturas, também pode ter uma série de efeitos secundários prejudiciais (Rose et al., 2016), como o aumento dos riscos de erosão (Pimentel et al., 1995) e perda de matéria orgânica do solo (Six et al., 1999). A prática mecânica repetida também incorre em custos de mão-de-obra e energia relativamente elevados, que têm impacto no rendimento agrícola bruto (Karlen et al., 2013).

Nas últimas duas décadas, o uso global de herbicidas aumentou à medida que os agricultores mudaram as práticas de gestão e adotaram cultivares de culturas tolerantes a herbicidas. As implicações deste aumento têm vindo a ser questionadas, sendo que alguns estudos sugerem consistentemente efeitos que podem alterar significativamente a função do solo, incluindo perturbações na ecologia dos organismos, inibição na ciclagem de azoto e aumentos na propensão de doenças no solo. No entanto, pouco se sabe sobre o impacto do aumento do uso de herbicidas na biota do solo e nos serviços de ecossistema que prestam, devido à diversidade dos produtos químicos aplicados e das comunidades e funções ecológicas do solo, o que torna quase impossível uma avaliação sistemática completa (Rose et al., 2016).

Bünemann et al. (2006), refere que a base de dados de conhecimento é demasiado pequena para tirar conclusões sonoras, e Imfeld & Vuilleumier (2012) que falta uma estrutura adequada para a avaliação de rotina dos efeitos dos pesticidas nas comunidades e funções do solo. Esta realidade torna o impacto dos herbicidas na biologia e funcionalidade do solo uma questão complexa, uma vez que embora os herbicidas possam ser agrupados de acordo com a estrutura química e o modo de ação, isto não garante que tenham impactos semelhantes nos organismos do solo (Rose et al., 2016).

### 2.2.2 – Culturas de cobertura

Os sistemas tradicionais de monocultura podem levar a vários problemas, incluindo um aumento de pragas e doenças com uma rápida disseminação, requerendo desta forma elevados inputs de pesticidas (Orgiazzi et al., 2016). As culturas de cobertura integram os sistemas culturais, com múltiplos objetivos, como a proteção contra pragas e doenças, proteção contra a erosão e perda de nutrientes do solo, supressão de vegetação infestante, sequestro de carbono e adição de matéria orgânica, entre outras (Dabney et al., 2001).

A adição de matéria orgânica ao solo melhora a sua estrutura, e aumenta a sua capacidade de infiltração, de retenção de água e nutrientes, assim como a sua capacidade de troca catiónica. Esta inclui milhares de substâncias, sendo que diferentes plantas deixam resíduos distintos à medida que se decompõem, daí que a escolha correta das culturas de cobertura influenciará, em grande parte, o tipo de benefícios resultantes. Culturas de cobertura baseadas em leguminosas convertem o azoto atmosférico em azoto útil utilizável pelas plantas, através de uma relação simbiótica com bactérias fixadoras, podendo fornecer até 60% deste azoto às culturas posteriores, reduzindo desta forma a necessidade de aplicação de fertilizantes azotados (SARE, 2012). Culturas de cobertura baseadas em gramíneas e brássicas são, por sua vez, melhores a absorver azoto residual antes que este se possa lixiviar. Assim, o cultivo de consociações de gramíneas/leguminosas permite aumentar o input total de carbono, constituindo um sistema robusto com a capacidade de absorver quer o azoto residual do solo, quer o azoto atmosférico (Dabney et al., 2001).

Adicionalmente, semear uma consociação pode aumentar a biodiversidade na exploração (Koehler-Cole et al., 2020), uma vez que exsudatos radiculares atraem uma variedade de organismos que se alimentam diretamente dessas secreções ou dos microrganismos concentrados perto da rizosfera. A biomassa total de organismos do solo reflete o nível de input de matéria orgânica presente, portanto, práticas agrícolas que incluem inputs regulares de matéria orgânica na sua rotação geralmente têm comunidades do solo maiores do que as práticas agrícolas convencionais (Orgiazzi et al., 2016).

### 2.3 – Biodiversidade do solo

O solo é um dos habitats mais diversos da Terra, estimando-se que abrigue mais de um quarto da biodiversidade global. Em nenhum outro lugar na natureza as espécies estão tão densamente concentradas, uma vez que a complexa natureza física e química do solo, oferece uma variedade de habitats para uma multitude de organismos (Orgiazzi et al., 2016). As funções do solo, e consequentemente os serviços ecossistêmicos que estes fornecem, dependem essencialmente desta biodiversidade ainda parcialmente desconhecida; desta forma, o seu estudo é essencial para compreender as funções ecológicas do solo e a ligação entre essas funções e os serviços do ecossistema (Lavelle et al., 2006).

As interações entre as componentes da fauna do solo são incrivelmente numerosas e complexas (Menta et al., 2017). As comunidades do solo são tão diversas, que necessitam urgentemente de uma avaliação mais aprofundada. A pesquisa tem sido limitada pela imensa diversidade, pelo pequeno tamanho dos organismos e pelo desafio técnico, estimando-se que apenas 1% das espécies de microrganismos do solo tenham sido identificadas. Desta forma, entender a vida altamente complexa e dinâmica do solo continua a ser um dos desafios mais fascinantes que os cientistas enfrentam hoje (Orgiazzi et al., 2016).

No entanto, esta biodiversidade, bem como os seus serviços ecossistemáticos, encontram-se ameaçados por uma série de fatores naturais e antropogénicos (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). O aumento da população global e consequente necessidade de alimentos e fibras, levaram à intensificação agrícola com recurso às monoculturas e ao maior uso de fertilizantes e pesticidas. Práticas agrícolas insustentáveis, mudanças climáticas, erosão do solo e perda de diversidade, afetam negativamente os organismos que vivem no solo (Orgiazzi et al., 2016). Observações sobre o impacto das práticas agrícolas na biodiversidade de organismos do solo, têm vindo a demonstrar que o alto input de sistemas intensivos tende a promover uma redução desta diversidade, enquanto sistemas que incluem práticas conservadoras como a não mobilização, rotação cultural ou culturas de cobertura atuam de forma conservativa (Tsiafouli et al., 2015; Menta et al., 2017).

## 2.4 – Bioindicadores da qualidade do solo

Um critério comum para avaliar a sustentabilidade a longo prazo dos ecossistemas, é avaliar as flutuações na qualidade do solo (Schoenholtz et al., 2000), podendo esta ser definida como a capacidade de um solo funcionar de forma eficaz como um componente de um ecossistema saudável (Gardi et al., 2001).

Os indicadores são ferramentas úteis para destacar mudanças em sistemas complexos, sendo isto particularmente verdade para questões relacionadas com o solo (Müller et al., 2000). Existe uma forte necessidade de identificar sistemas de indicadores capazes de expressar critérios de qualidade a serem usados como referências ambientais, bem como para avaliar e monitorizar a qualidade dos solos sujeitos a risco de degradação (Van Straalen, 1998), e como as suas funções estão a ser preservadas para o futuro (Karlen et al., 1997). Tradicionalmente, as abordagens para a avaliação da qualidade do solo têm-se baseado no uso de indicadores físicos, químicos e microbiológicos (Parisi et al., 2003); no entanto, a monitorização biológica torna-se necessária para avaliar corretamente a degradação do solo e os riscos correlacionados (Turco et al., 2015).

Recentemente, vários autores têm proposto novos métodos para avaliação da qualidade do solo, baseados na sua mesofauna, uma vez que os seus grupos são uma componente chave da biota do solo; são muito abundantes; o seu papel na transformação do solo é bem reconhecido e a área coberta durante o seu ciclo de vida é representativa do local em estudo. No entanto, a aplicação destes indicadores biológicos, torna-se muitas vezes limitada pelas dificuldades em classificar microartrópodes (Parisi et al., 2005), uma vez que a sua densidade individual em amostras de solo depende de várias variáveis e necessita de estudos estatísticos para ser corretamente avaliada (Phillipson, 1971). Em contraste, a estrutura das comunidades biológicas é menos variável e pode ser mais facilmente usada para avaliar a degradação do solo ou o seu nível de maturidade. A introdução de índices eco-morfológicos simplificados, pode permitir uma aplicação mais ampla destas metodologias (Parisi et al., 2005).

Alguns dos métodos existentes são baseados na avaliação geral dos microartrópodes, enquanto outros na avaliação de um único táxon. Ainda assim, apenas um número limitado dessas aplicações tenta generalizar os seus resultados e convertê-los em índices para aplicações extensivas, tornando a monitorização da qualidade do solo muitas vezes inacessível para os gestores de terras, uma vez que os sistemas de medição são demasiado complexos, caros ou ambos (Parisi et al., 2005).

Segundo Doran & Zeiss (2000), os indicadores de qualidade do solo devem cumprir os seguintes critérios: 1) sensibilidade às variações do uso do solo; 2) boa correlação com as funções benéficas

do solo; 3) utilidade em revelar processos do ecossistema; 4) compreensibilidade e utilidade para os gestores de terras; 5) económicos e fáceis de medir. Ainda segundo Parisi et al. (2005), os indicadores ecológicos devem ter duas funções principais: diminuir o número de medidas e parâmetros necessários para representar uma situação, e simplificar o processo de comunicação através do qual a informação sobre os dados recolhidos é transmitida aos utilizadores finais. Orgiazzi et al. (2016), reforça que a importância do solo e a multitude de serviços ambientais que deles dependem, não são bem compreendidas pela sociedade, existindo pouco diálogo e estando a maior parte da informação, normalmente fora do alcance e compreensão do público em geral.

## 2.5 – Índice QBS-ar

Entre os vários índices desenvolvidos nos últimos anos para avaliar a biodiversidade e a qualidade biológica do solo, o QBS-ar (acrónimo de Qualidade Biológica do Solo - artrópodes) está a ter uma boa difusão pela Europa. Este índice biológico combina a biodiversidade de microartrópodes (mesofauna) do solo com a sua vulnerabilidade e adaptação, de forma a fornecer informações sobre a degradação e a qualidade biológica do solo (Parisi et al., 2005; Menta et al., 2017).

O solo, tal como o mar profundo e as cavernas, é um ambiente peculiar caracterizado pela falta de luz, pequenos espaços entre os agregados, etc. Ao longo de um longo período de adaptação, o corpo dos microartrópodes edáficos desenvolveu características morfológicas que lhes permitiu adaptarem-se a este ambiente, tais como perda de pigmentação e estruturas visuais, forma do corpo aerodinâmica, apêndices reduzidos e mais compactos, redução ou perda de adaptações para voar, saltar ou correr, e capacidade reduzida de retenção de água (Menta et al., 2018).

Como resultado desta adaptação, os microartrópodes edáficos são particularmente sensíveis à degradação do solo e são incapazes de sobreviver ou mover-se para longe de solos degradados (Menta et al., 2018). O QBS-ar baseia-se no conceito de que os microartrópodes morfológicamente bem-adaptados ao solo são mais abundantes em solos com melhores condições em termos de cobertura vegetal, conteúdo de matéria orgânica, baixa degradação, poluição e compactação (Parisi et al., 2005), logo quanto maior for a qualidade do solo, maior será o número de grupos de microartrópodes bem-adaptados aos habitats desse solo (Parisi, 1974).

O QBS-ar é aplicado com a intenção de: (1) avaliar o nível de adaptação dos microartrópodes ao ambiente de vida no solo, e (2) superar as bem conhecidas dificuldades da análise taxonómica ao nível da espécie para a mesofauna edáfica (Parisi, 1974). Desta forma, o índice QBS-ar foca-se na presença de características morfológicas que indicam adaptação ao solo pelos microartrópodes,

sem pretender uma identificação taxonómica complexa ao nível da espécie (Parisi et al., 2005). O QBS-ar demonstra-se um índice expedito e económico (tanto em termos de equipamento como de tempo e energia para a amostragem e análise das amostras, que demonstra uma boa sensibilidade às práticas do solo e permite avaliar o seu estado de saúde (Menta et al., 2017), para além de possuir a possibilidade de relacionar a qualidade do solo com as causas que a alteram (Menta et al., 2018).

Quando relacionado com diferentes índices como a razão entre ácaros, ou ácaros/colêmbolos; o índice QBS é inovador, pois o seu cálculo não requer estimativas do número de espécimes presentes na amostra. Em comparação com métodos que utilizam um único táxon como indicador biológico, o índice QBS não requer um diagnóstico ao nível da espécie, sendo assim considerado uma ferramenta apropriada para monitorização em grande escala (Parisi et al., 2005). Çakır (2019), também refere vantagens na utilização do índice QBS-ar, nomeadamente na particularidade de este considerar o nível de adaptação dos microartrópodes ao solo, relativamente à utilização de outros índices sintéticos, como os índices de Simpson, Pielou e Shannon, que podem integrar algumas informações sobre a fauna do solo (Jerez-Valle et al., 2014), mas não levam em conta o papel ecológico de cada táxon (Santorufó et al., 2012), podendo falhar em destacar as diferenças na estrutura das suas comunidades (Galli et al., 2014). Em comparação com outros índices que consideram gamas amplas de invertebrados, como o IBS-bf, Menta et al. (2015) destaca que este difere do QBS-ar na medida em que não consegue detetar táxons bem-adaptados ao solo, como Protura, Diplura e Symphyla, devido a dificuldades de triagem destes organismos.

Um estudo realizado por Menta et al. (2018), com o objetivo de clarificar a relação entre os valores de QBS-ar e o uso do solo, reuniu dados de 41 publicações que relatavam aplicações do QBS-ar, em vários países, durante 15 anos. Os dados foram individualizados em oito agrupamentos em relação aos usos do solo: **A)** Terras agrícolas (várias culturas e sistemas), **W)** Florestas, matas mediterrânicas e arbustos, **R)** Solos recuperados, **ND)** Solos naturalmente degradados, **G)** Pastagens permanentes e prados, **O)** Pomares, **UP)** Parques urbanos, **D)** Solos degradados por intervenção humana.

Os resultados demonstraram que o QBS-ar apresentou uma boa sensibilidade às práticas de gestão do solo, com evidências de que o uso do solo afeta significativamente os valores de QBS-ar. Nesse estudo, os solos altamente geridos (UP e D) demonstraram os valores mais baixos, comparativamente com os solos com um baixo nível de interferência humana (W, G, O e R), que demonstraram os valores mais elevados de QBS-ar. Em adição, os valores para solos agrícolas (A) não se demonstraram significativamente diferente dos valores dos solos naturalmente degradados (ND). No entanto, o padrão demonstrou diferenças ao ter em conta as interações entre países e uso

do solo, sendo que estas podem ser atribuídas, por exemplo, a fatores climáticos e de gestão (Menta et al., 2018). Com base na análise das médias destes dados, Menta et al. (2018) sugeriu um refinamento ao valor original hipotizado por Parisi (2001), para distinguir solos de alta qualidade, considerando assim um valor de 93.7 como um limiar que separa solos de alta qualidade dos valores típicos de solos pobres.

Outros estudos, demonstraram que florestas apresentam valores mais elevados de QBS-ar, comparativamente com as terras agrícolas (Menta et al., 2017) e que sistemas de agricultura conservativa são mais vantajosos ao nível da qualidade biológica do solo, comparativamente a sistemas tradicionais, referindo que a qualidade é afetada por práticas como a mobilização, a fertilização e culturas de cobertura (Tabaglio et al., 2009; Menta et al., 2010; Sapkota et al., 2012), sendo que os valores médios de QBS aumentam à medida que a pressão do uso das terras aráveis é reduzida (Gardi et al., 2003).

Parisi et al. (2005), também confirma a eficácia da agricultura conservativa em reduzir o impacto na fauna do solo, referindo evidências mais significativas comparativamente a culturas de alta intensidade, como milho e tomate; e que taxa como Acari ou Collembola, parecem ser menos afetados pelo tipo de uso do solo, enquanto grupos menos abundantes como Protura, Diplopoda, Chilopoda e Pseudoscorpionida, são fortemente afetados.

O índice QBS-ar foi considerado um protocolo padrão para medir a fauna do solo em locais da rede LTER na Europa pelo Programa de Investigação em Ecosistemas ExpeEr (projeto n.º 262060) (Firbank et al., 2017), sendo referido no relatório da Comissão Europeia (EC, 2010), bem como na mais recente proposta de lei europeia de monitorização do solo (EC, 2024a).

### **2.5.1 – Metodologia QBS-ar**

Segundo Parisi (2001), as principais fases para obter o índice QBS-ar são: 1) amostragem do solo; 2) extração dos microartrópodes; 3) preservação dos espécimes recolhidos; 4) determinação das formas biológicas e 5) cálculo do índice QBS.

**Amostragem do solo:** A amostragem do solo é uma das fases mais importantes para a aplicação do QBS-ar. Deve-se prestar atenção cuidadosa à escolha da área onde se vai recolher a amostra de solo e ao período de amostragem. Deve-se identificar uma área homogénea e representativa do campo estudado (a pelo menos 5m da margem), sendo que o melhor período para realizar amostras é

afastado do período seco, uma vez que esta condição causa migração vertical, imobilização e estivação dos microartrópodes do solo (Menta et al., 2017).

As amostras devem ser recolhidas quando a humidade do solo varia entre 40 e 80% da sua capacidade de campo. Uma área de 10 cm × 10 cm, deve ser escavada até 10 cm de profundidade, retirando a cobertura vegetal superior e amostrando a manta morta separadamente. O protocolo sugere a recolha de três amostras de solo (repetições), a 5–10 m de distância entre si. As amostras de solo devem ser transportadas para o laboratório protegidas contra a luz e choques térmicos (Parisi et al., 2003; Parisi et al., 2005; Menta et al., 2017).

**Extração de microartrópodes:** As amostras de solo devem ser colocadas num extrator tipo *Berlese-Tüllgren* dentro de 48 horas após a amostragem. O extrator é composto por uma lâmpada incandescente (40 - 60 W) colocada a 30 cm acima da amostra de solo; um crivo (malha de 2 mm, 20 cm de diâmetro); um funil, e um recipiente com um líquido fixador (2/3 de etanol a 75%, e 1/3 de glicerol). A lâmpada incandescente, ao secar gradualmente o solo, cria uma condição inóspita para a fauna do solo e conduz os microartrópodes para a camada mais profunda, até caírem no recipiente de recolha. A duração da extração está relacionada com a humidade do solo, mas nunca deve ser inferior a 5 dias (Parisi et al., 2005; Menta et al., 2017).

**Atribuição dos Índices Eco-Morfológicos (EMI) e cálculo do QBS-ar:** Os espécimes extraídos devem ser observados através de um microscópio estereoscópico de baixa ampliação, e classificados ao nível de ordem/classe, de forma a ser-lhes atribuído um valor EMI, variável entre 1 (nenhuma adaptação ao solo) e 20 (máxima adaptação ao solo) (Parisi et al., 2005). Alguns grupos apresentam apenas um valor EMI, pois todas as espécies pertencentes a esses táxons apresentam o mesmo nível de adaptação ao solo, enquanto outros grupos apresentam uma variação em relação aos seus diferentes níveis de adaptação. De forma geral, as formas edáficas recebem EMI = 20, as hemiedáficas recebem uma classificação proporcional ao seu grau de adaptação ao solo, e as formas epígeas EMI = 1. O cálculo do índice QBS-ar, resulta da soma dos valores EMI obtidos na amostra extraída. Sempre que dois valores EMI são atribuídos ao mesmo táxon, deve-se considerar o valor EMI mais alto para o cálculo do QBS-ar (Parisi et al., 2005). Menta et al. (2017), apresenta uma tabela de atribuição de valores EMI, para os diferentes grupos de microartrópodes do solo (Fig. 1).

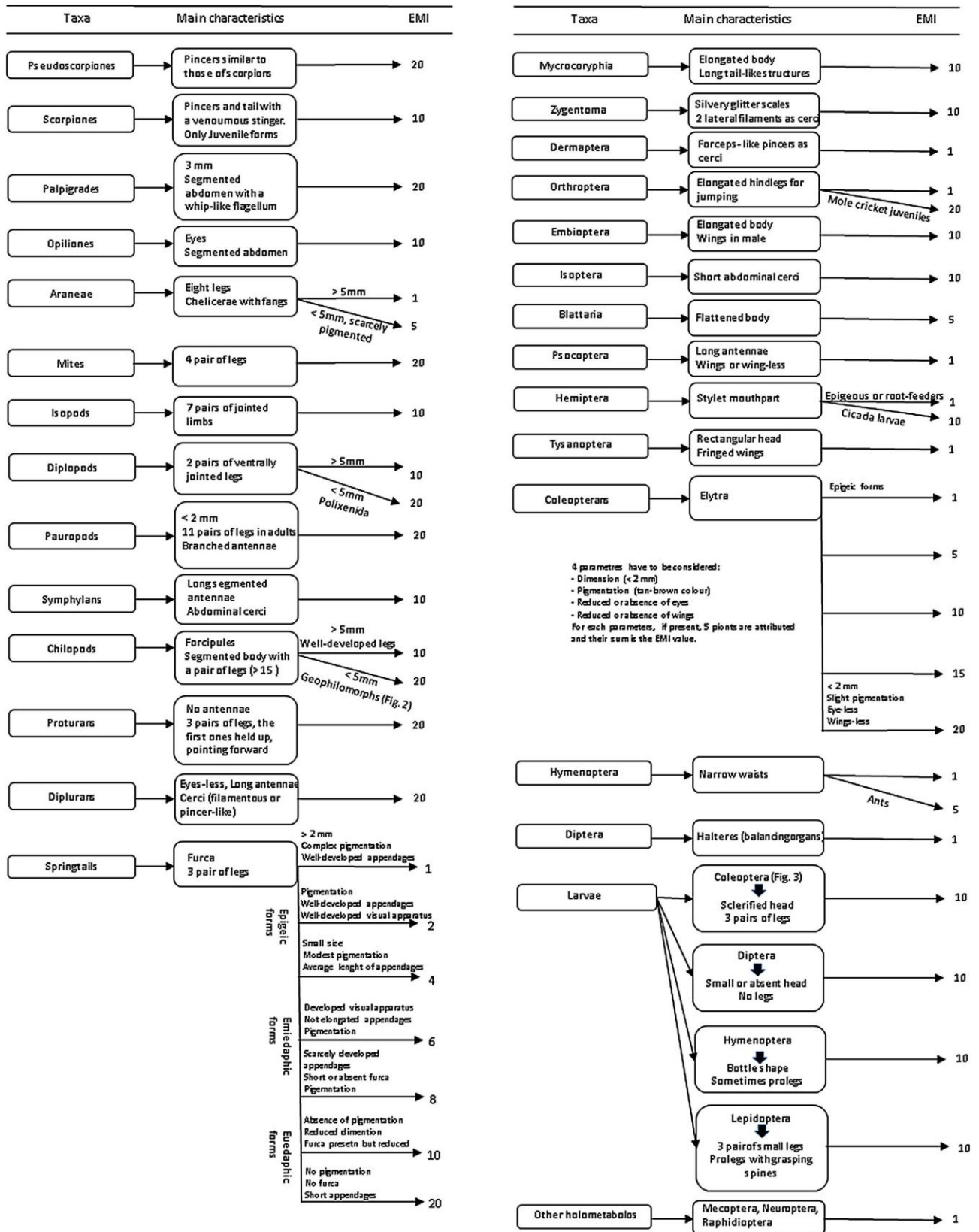


Figura 1 - Tabela de atribuição de valores EMI para o cálculo do índice QBS-ar. (Menta et. al, 2017).

**Nota:** de acordo com C. Menta (comunicação pessoal, 19 de Junho de 2024), para o grupo Symphyla deve ler-se “EMI = 20”.

## 2.6 – Microartrópodes bioindicadores

Entre os vários grupos que colonizam o solo, os microartrópodes são organismos que se têm provado cada vez mais importantes para entender como os ecossistemas edáficos funcionam. Existem grupos extremamente antigos de microartrópodes no solo, como os colêmbolos e ácaros, que datam do período Devoniano (mais de 350 milhões de anos) (Gullan & Cranston, 2014). Entre as principais contribuições dos microartrópodes para o solo, podem-se referir a decomposição e humificação da matéria orgânica; a influência na ciclagem de nutrientes; os efeitos nas suas propriedades estruturais (e.g. desenvolvimento de poros e formação de agregados) e, conseqüentemente, na sua hidrologia. Para mais, podem (direta e indiretamente) regular a disponibilidade de recursos para outras espécies (Culliney, 2013), constituindo importantes elos, para canalizar a energia da microfauna e da microflora do solo, para a macrofauna em níveis tróficos mais elevados (Coleman et al., 2004).

Durante o longo período de ajuste à vida subterrânea, os microartrópodes edáficos adaptaram-se com características que lhes permitem sobreviver dentro do habitat do solo. Durante este processo, ocorreram níveis impressionantes de adaptação morfológica (e.g.: redução do aparelho visual, perda de pigmentação, redução de apêndices e aquisição de estruturas especiais para a vida subterrânea). Algumas dessas características, são conseqüências diretas de processos degenerativos de estruturas muito importantes em habitats epígeos, mas inúteis no solo. O confinamento desses grupos aos solos, deve-se à relativa estabilidade desses habitats, uma vez que diversos fatores como água, temperatura e matéria orgânica variam apenas ligeiramente a curto e médio prazo, em comparação com as grandes variações nos ambientes epígeos. Como resultado, os microartrópodes edáficos são sensíveis e incapazes de sobreviver a variações abruptas nos fatores ambientais (Gullan & Cranston, 2014), e respondem de forma sensível às práticas de gestão do solo (Parisi et al., 2003).

Num perfil de solo, a transição da camada superior (manta morta recentemente caída), para a camada inferior bem decomposta, até ao solo rico em húmus abaixo, pode ser gradual. Certos artrópodes podem estar confinados a uma camada ou profundidade específica, exibindo um comportamento e morfologia distintos apropriados a essa profundidade. A sua distribuição também pode mudar sazonalmente, uma vez que as temperaturas constantes encontradas em maiores profundidades do solo são mais atrativas no inverno, bem como o nível de água que manifesta importância na regulação vertical e horizontal dos mesmos (Gullan & Cranston, 2014).

### 2.6.1 – Formas juvenis

Grande parte dos artrópodes, estão ligados ao solo durante o seu ciclo de vida, colocando nele ovos ou utilizando-o como substrato para a hibernação (Orgiazzi et al., 2016). A eclosão do ovo, convencionalmente marca o início do primeiro estágio (ou instar), até à primeira ecdise, quando a velha cutícula é descartada para revelar o segundo instar e assim sucessivamente. O seu desenvolvimento imaturo é caracterizado por mudas repetidas, separadas por períodos de alimentação; sendo descontínuo, pelo menos nas partes cuticulares esclerotizadas do corpo, uma vez que a cutícula rígida limita a sua expansão, estando o crescimento confinado ao período imediato pós-muda, antes que a cutícula se endureça e rigidifique (Gullan & Cranston, 2014).

A palavra “metamorfose”, derivada do grego *meta* (mudança) e *morphe* (forma), refere-se a uma mudança na forma ou estrutura, geralmente associada ao desenvolvimento das asas, e por vezes também a uma mudança de comportamento (Orgiazzi et al., 2016). De acordo com o seu ciclo de vida (Fig. 2), os insetos podem ser classificados como holometábolos (metamorfose completa), hemimetábolos (metamorfose incompleta) ou ametábolos (sem metamorfose) (Beutel et al., 2013).

Os juvenis dos insetos **hemimetábolos** (designados de **ninfas**), não sofrem mudanças substanciais na sua forma corporal e assemelham-se muito aos adultos. As diferenças prendem-se com o seu tamanho, com as asas menos desenvolvidas e incapacidade de reprodução. Tipicamente coexistem com os adultos e muitas vezes competem pelo mesmo alimento. Os juvenis **holometábolos** (designados por **larvas**) diferem marcadamente dos adultos, sendo que a sua mudança ocorre durante a pupação (fase inativa), onde se dá o desenvolvimento das asas. Tipicamente ocupam nichos ecológicos diferentes dos adultos, com dietas e estilos de vida diferentes e assim rara competição (Beutel et al., 2013; Gullan & Cranston, 2014; Orgiazzi et al., 2016).

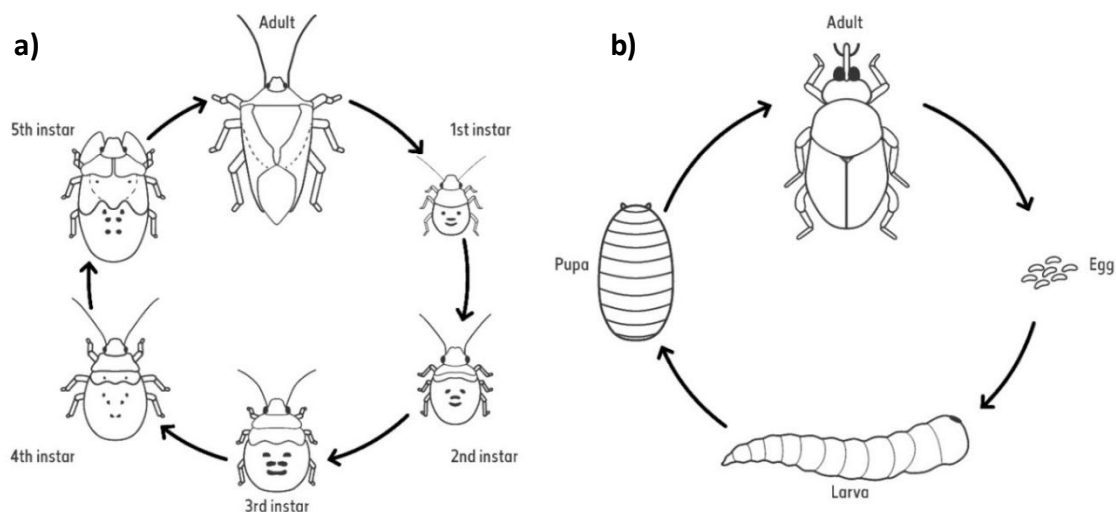
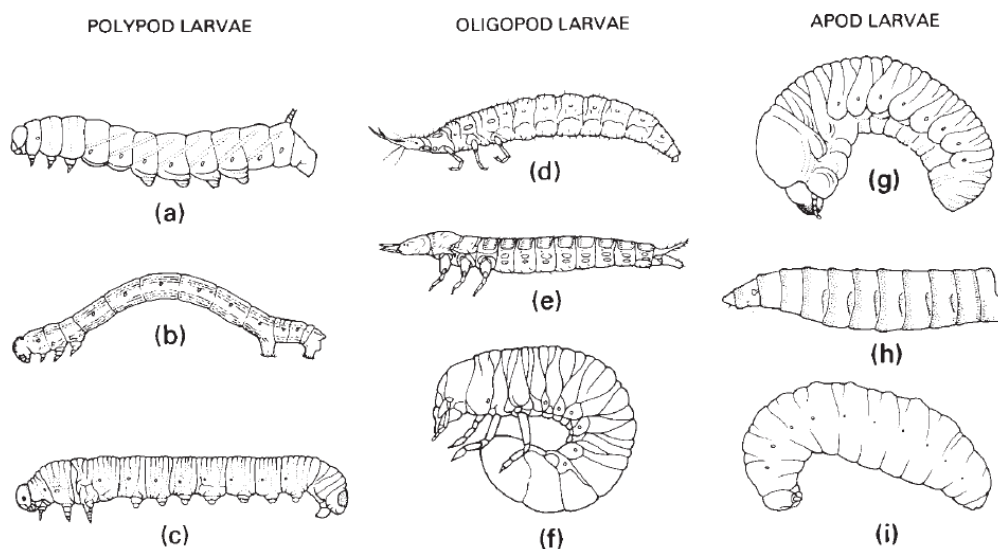


Figura 2 - Representação básica dos ciclos de vida: (a) Hemimetábolos; (b) Holometábolos (Crédito: UK-NHM).

### 2.6.1.1 – Larvas (Holometábolos)

Devido às características muito específicas do solo como habitat, as larvas de insetos desenvolveram inúmeras adaptações para viver nesse ambiente particular (Orgiazzi et al., 2016). A grande variedade de larvas holometábolos pode ser classificada em alguns tipos funcionais ao invés de filogenéticos, uma vez que o mesmo tipo de larva ocorre frequentemente de forma convergente em ordens não relacionadas. As três formas mais comuns são as larvas polípodes, oligópodes e ápodos (Fig. 3) (Gullan & Cranston, 2014).



**Figura 3 - Exemplos de tipos de larvas homometábolos. Polípodes:** (a) *Lepidoptera: Sphingidae*; (b) *Lepidoptera: Geometridae*; (c) *Hymenoptera: Diprionidae*. **Oligópodes:** (d) *Neuroptera: Osmylidae*; (e) *Coleoptera: Carabidae*; (f) *Coleoptera: Scarabaeidae*. **Ápodos:** (g) *Coleoptera: Scolytinae*; (h) *Diptera: Calliphoridae*; (i) *Hymenoptera: Vespidae* (Crédito: Gullan & Cranston, 2014).

**Larvas polípodes:** são larvas sedentárias, de forma mais ou menos cilíndrica, equipadas com peças bucais mastigadoras, antenas curtas, três pares de patas torácicas e pseudópodes (pseudopatas ou pernas falsas abdominais) em número variável (Foina et al., 2004). As lagartas lepidópteras (Fig. 4c,d) são larvas polípodes características, com corpos cilíndricos, pernas torácicas curtas e pseudópodes. Os himenópteros Symphyta (Fig. 4b) e a maioria dos mecópteros (Fig. 4a) também têm larvas polípodes (Gullan & Cranston, 2014). Segundo Foina et al. (2004), de forma a distingui-las, é necessário observar o número e a posição dos pseudópodes conforme a Figura 4.

- a) As larvas de Mecópteros podem ser reconhecidas pelos pseudópodes presentes a partir do primeiro segmento abdominal.
- b) As larvas de Hymenoptera Symphyta são reconhecidas pelos pseudópodes presentes a partir do segundo segmento abdominal.
- c) As larvas de Lepidoptera são reconhecidas pelos pseudópodes presentes a partir do terceiro segmento abdominal.
- d) Nos Lepidópteros geometrídeos os pseudópodes não seguem a regra, encontrando-se no sexto e décimo segmento abdominal.

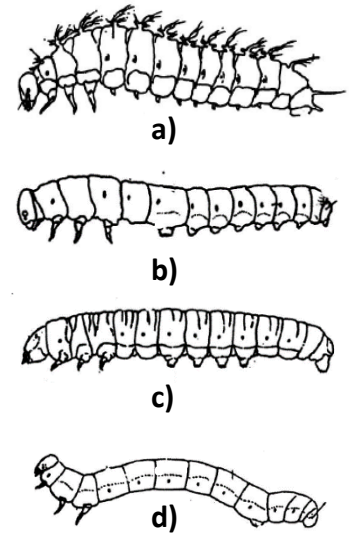


Figura 4 - Exemplos de de larvas polipodes. (a) Mecoptera; (b) Hymenoptera (c,d) Lepidoptera. Adaptado de Gullan & Cranston, (2014).

**Larvas oligopodes:** caracterizam-se pela presença de pernas torácicas bastante desenvolvidas com ausência de pseudópodes abdominais, e cabeça claramente visível frequentemente com armaduras bucais prognatas. Este tipo de larva ocorre na maioria dos casos em larvas de Coleópteros (Fig. 5), podendo também ocorrer em outras ordens de insetos, exceto em lepidópteros, mecópteros, sifonápteros, dípteros e estrep sípteros (Foina et al., 2004).

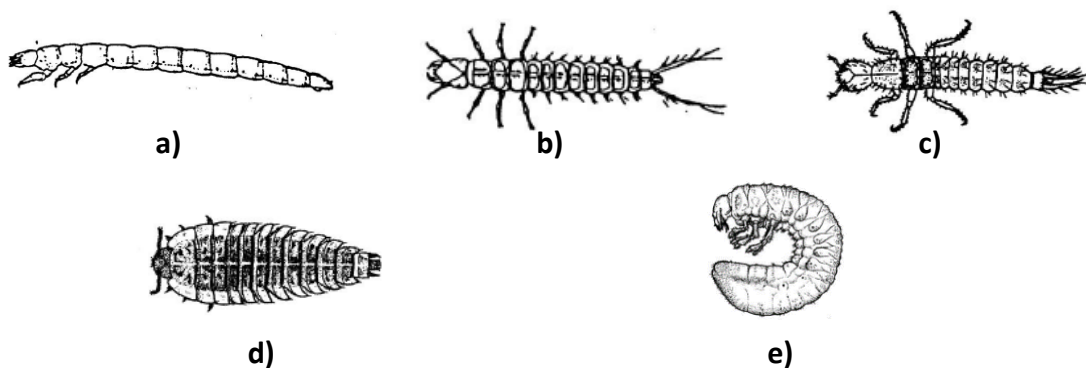
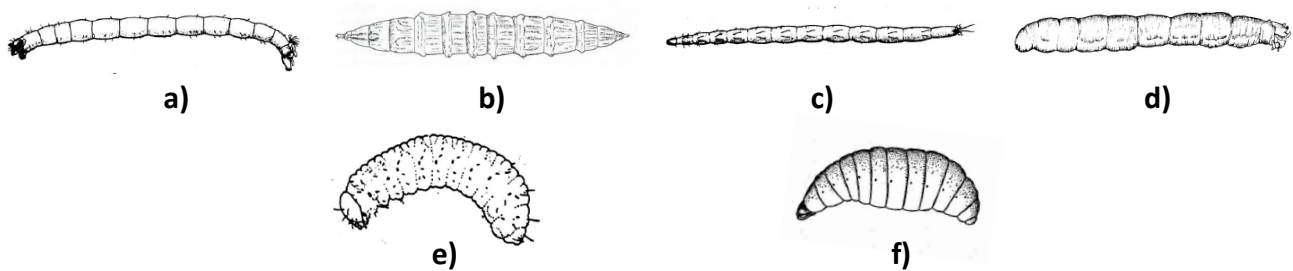


Figura 5 - Exemplos de larvas oligopodes. Coleoptera: (a) Elateridae; (b) Carabidae; (c) Staphylinidae; (d) Silphidae; (e) Scarabaeidae. Adaptado de Gullan & Cranston, (2014).

**Larvas ápodas:** (Fig. 6) têm uma forma alongada e não possuem patas; a cabeça pode ser evidente, escondida no tórax, ou muito pequena e indistinta do resto do corpo (Foina et al., 2004). Vivem no solo, lama, estrume, matéria em decomposição, ou dentro de outros organismos como parasitoides. As larvas ápodas de algumas espécies, são difíceis de identificar ao nível da ordem, mesmo para um entomologista especialista. Além disso, algumas larvas assemelham-se a um embrião nos primeiros instares, mas mudam para larvas ápodas típicas em instares posteriores (heteromorfose larval ou hipermetamorfose). Este fenómeno de desenvolvimento ocorre mais frequentemente em insetos parasitas nos quais um primeiro instar móvel é necessário para a localização e entrada no hospedeiro sendo típica de muitas vespas parasitas (Gullan & Cranston, 2014).



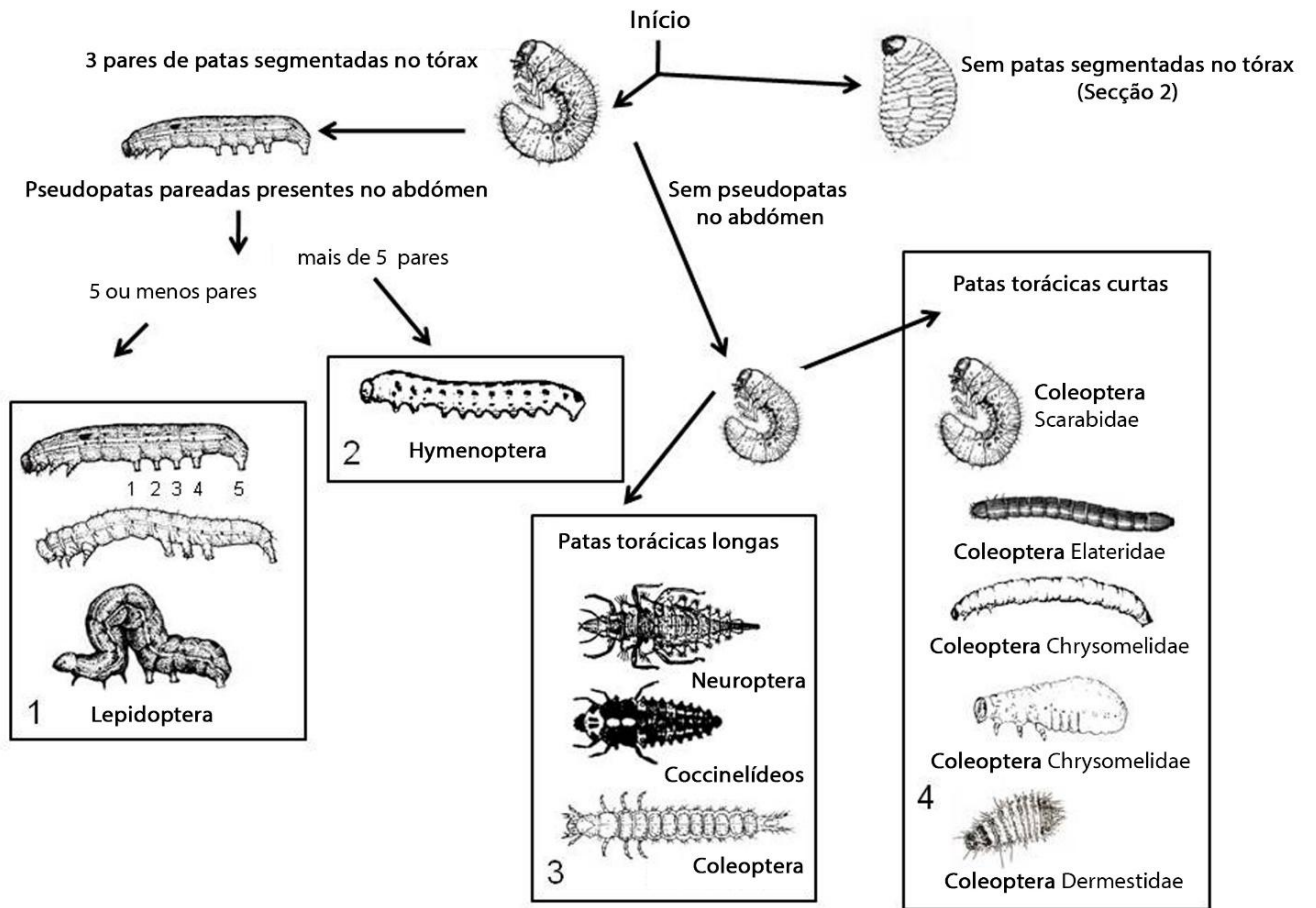
**Figura 6 - Exemplos de larvas ápodas. (a-d) Diptera; (e) Coleoptera; (f) Hymenoptera.** Adaptado de Gullan & Cranston, (2014).

Townsend (2024), sugere uma identificação com base nas estruturas morfológicas básicas das larvas, descrevendo-as como:

- **Cabeça:** geralmente uma cápsula escura, muitas vezes dura, na parte frontal do corpo. Pode estar parcialmente coberta pelo tórax, completamente escondida ou ausente.
- **Tórax:** três segmentos imediatamente atrás da cabeça. Um par de pernas segmentadas geralmente ligadas a cada segmento, que podem estar fundidos, ou separados e distintos.
- **Abdómen:** oito a dez segmentos do corpo imediatamente após o tórax.
- **Patas torácicas segmentadas:** três pares de patas segmentadas ou articuladas, encontradas nos segmentos do corpo imediatamente atrás da cabeça.
- **Pseudópodes (ou pseudopatas):** geralmente curtas, frequentemente em pares, extensões não segmentadas da parte inferior do abdómen, usadas para a movimentação.

Com base na presença ou ausência destas características, é possível uma identificação taxonómica, conforme a chave da Figura 7.

# Chave ilustrada para identificação de larvas de insetos



## Secção 2

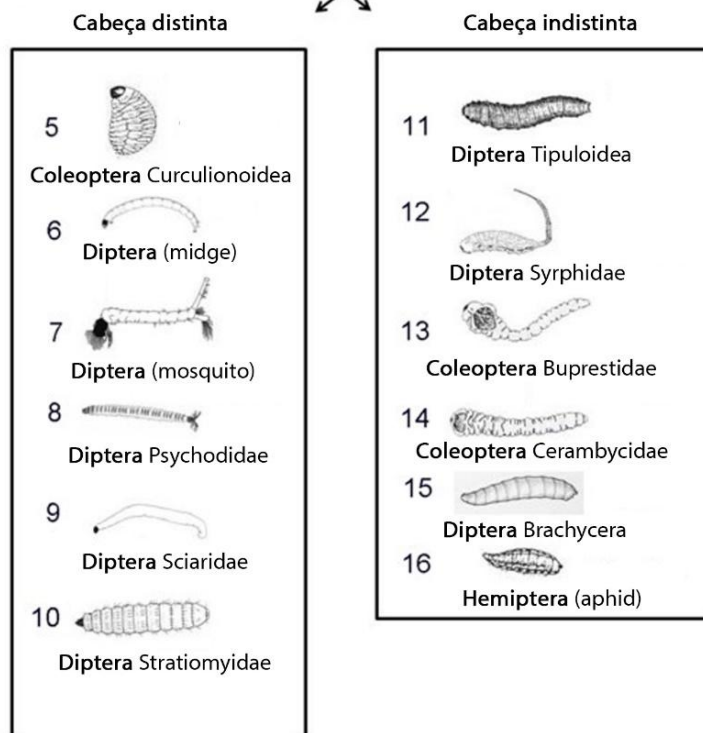
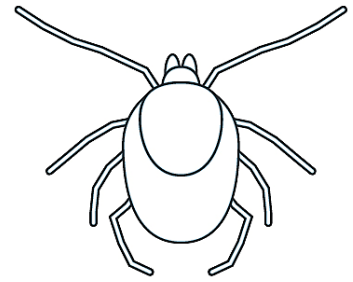


Figura 7 - Chave ilustrada para a identificação de larvas de insetos. Adaptado de Townsend (2024).

## 2.6.2 – Subfilo Chelicerata

### 2.6.2.1 – Subclasse Acari

Os ácaros (Fig. 8) são um grupo evolutivamente muito antigo, com fósseis encontrados datando do período devoniano. Existem aproximadamente 40 000 espécies descritas, sendo que mais de metade destas vive em contacto com o solo, estimando-se, no entanto, que possam existir até cerca de 900 000 espécies. Dividem-se em duas superordens (Acariformes e Parasitiformes) e podem totalizar até 40% de todas as espécies de microartrópodes do solo (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).



**Figura 8 - Forma básica de Acari.** Crédito: UK-NHM.

Encontram-se presentes em vários ecossistemas terrestres e aquáticos (Jeffery et al., 2010), ocupando vários tipos de micro-habitats e praticamente todos os substratos do solo; estando entre os primeiros animais a colonizar substratos minerais e orgânicos emergentes. As espécies Acariformes demonstram uma variedade de preferências alimentares, desde microfagia (micróbios) a detritofagia (restos de plantas e animais), até omnivoria e predação (Orgiazzi et al., 2016). Os ácaros predadores são importantes na regulação de populações de ácaros fitófagos, incluindo os ácaros-praga (Tetranychidae), sendo agentes de controlo particularmente úteis (Gullan & Cranston, 2014). No entanto, nem todos os ácaros são necessariamente positivos do ponto de vista antropogénico, uma vez que espécies parasitárias podem ser pragas importantes de animais e de culturas agrícolas (Jeffery et al., 2010).

Em sistemas não perturbados, podem existir centenas de espécies, e dezenas de milhares de indivíduos por metro quadrado de solo, sendo usualmente mais numerosos nas camadas superficiais (mais ricas em matéria orgânica, bactérias e fungos). Embora os padrões da sua distribuição global ainda sejam relativamente desconhecidos, parece haver uma relação com os fatores climáticos e disponibilidade de matéria orgânica (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

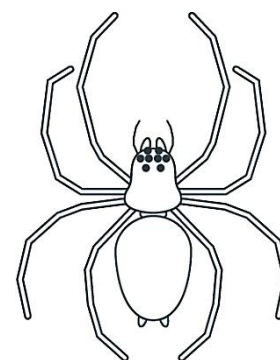
Os ácaros do solo podem apresentar tamanhos entre (60  $\mu\text{m}$  a 5 mm), em corpos arredondados ou alongados, com um abdômen fortemente esclerotizado e amplamente ligado ao cefalotórax. Os indivíduos adultos e as ninfas têm geralmente quatro pares de patas, enquanto os estágios larvais apresentam três pares. Podem apresentar um ou dois pares de ocelos (olhos simples), ou sendo cegos, usar a percepção física e química para a sua navegação. Estes organismos não apresentam mandíbulas, mas sim quelíceras e pedipalpos (apêndices cefálicos) que usam para agarrar o

alimento, sendo estes diversificados em forma, refletindo os seus variados hábitos alimentares (Harvey et al., 2009; Gibb & Oseto, 2019).

O desenvolvimento dos ácaros é muito complexo, tipicamente consistindo de ovo, larva (com no máximo 3 pares de patas) e vários estágios ninfais, podendo os adultos ser semelhantes ou bastante diferentes das ninfas. Muitas espécies de ácaros não precisam acasalar para se reproduzir, pois são partenogénicas (desenvolvimento sem fecundação) (Jeffery et al., 2010).

### 2.6.2.2 – Ordem Araneae

As aranhas (Fig. 9) são os aracnídeos mais conhecidos, sendo predadores muito móveis e alimentando-se de quase todos os habitantes do solo. São muito bem-adaptadas à vida predatória, possuindo geralmente patas longas, olhos bem desenvolvidos e quelíceras, assim como a capacidade de produzir veneno e criar teias, que as ajudam a capturar as presas. As aranhas são abundantes em quase todos os tipos de habitats, com cerca de 40 000 espécies conhecidas e uma densidade de até 200 indivíduos presentes por metro quadrado de solo (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016). Segundo Marc et al. (1999), as aranhas são altamente sensíveis a alterações na estrutura e fatores microclimáticos dos habitats, o que as torna bons indicadores de alterações antropogénicas.



**Figura 9 - Forma básica de Araneae.** Crédito: UK-NHM.

O seu tamanho pode variar entre 1 mm até 30 cm (Orgiazzi et al., 2016), sendo as espécies maiores encontradas principalmente na superfície do solo ou na camada de folhas em decomposição, muitas vezes escondendo-se ou abrigando-se sob pedras e madeira caída. Existe também um número significativo de pequenas espécies, que habitam poros e cavidades do solo (e.g. família Linyphiidae) (Jeffery et al., 2010).

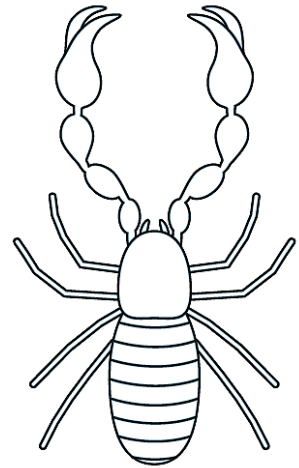
Os corpos das aranhas consistem em duas seções (tagmas): o cefalotórax (ou prossoma) na frente e o abdômen (ou opistossoma) atrás. As aranhas têm um par de apêndices cefálicos na frente da boca (quelíceras), que usam para injetar veneno nas presas a partir de glândulas de veneno (Orgiazzi et al., 2016).

### 2.6.2.3 – Ordem Pseudoscorpiones

Os pseudoescorpiões (Fig. 10) são pequenos aracnídeos conhecidos como "falsos escorpiões", uma vez que se assemelham aos mesmos, mas sem possuir um pós-abdómen alongado (metassoma) com um ferrão venenoso na extremidade. O seu grupo compreende 27 famílias, com aproximadamente 3 400 espécies descritas, encontrando-se distribuídos por todo o mundo (Orgiazzi et al., 2016).

Geralmente vivem sob cascas de árvores e rochas, na manta morta, em musgos e líquenes, em cavernas, bem como no solo; com uma densidade tipicamente baixa (< 300 indivíduos por metro quadrado) e em ambientes geralmente estáveis. São predominantemente predadores, podendo ser considerados benéficos uma vez que se alimentam de várias espécies de pragas (e.g.: larvas de coleóptero, formigas e ácaros) (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016; Menta & Remelli, 2020).

Tipicamente têm menos de 5 mm de comprimento, com grandes pedipalpos em forma de pinça. O seu corpo está dividido em duas regiões: o Prossoma (cefalotórax - fusão da cabeça e tórax) e o Opistossoma (abdómen) claramente dividido em 11-12 segmentos. Podem ter um ou dois pares de ocelos (olhos simples) presentes na cabeça, mas muitas espécies são cegas. As quelíceras (utilizadas para a sua alimentação) são segmentadas em duas partes e possuem glândulas de seda. Os pedipalpos são usados para capturar presas e para defesa. Estes animais têm um ciclo de vida longo, podendo viver até quatro anos e são capazes de produzir várias ninhadas por ano. Os estados juvenis fazem a muda, passando por vários estágios larvais (protónimo, deutónimo e tritónimo) (Harvey, 2011).

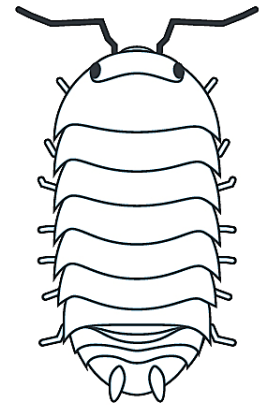


**Figura 10 - Forma básica de Pseudoscorpiones.** Crédito: UK-NHM.

## 2.6.3 – Subfilo Crustacea

### 2.6.3.1 – Ordem Isopoda

Os isópodes terrestres (Fig. 11) são crustáceos que formam um grupo monofilético, representando a maior subordem de isopoda (Oniscidea), com mais de 3.600 espécies descritas. Numerosas adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas fazem destes os habitantes terrestres mais bem-sucedidos, ocupando essencialmente todos os habitats conhecidos. A riqueza de espécies aumenta das zonas temperadas frias para as quentes e tropicais, estando também relacionada com o nível de humidade, que é fundamental para a sua sobrevivência. As abundâncias locais são bastante variáveis podendo atingir até 600 indivíduos por metro quadrado (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016; Solomou et al., 2019).



**Figura 11 - Forma básica de Isopoda.** Crédito: UK-NHM.

São animais crepusculares ou noturnos, que passam o dia principalmente escondidos sob pedras, madeira ou em fendas. Como macro detritívoros, os isópodes terrestres contribuem significativamente para os processos de decomposição ao se alimentarem e digerirem a manta morta, dispersando esporos e mediando a atividade microbiana e os ciclos de nutrientes (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

Em geral são decompositores, alimentam-se de material vegetal morto, embora também se possam alimentar de bactérias, fungos, plantas, restos de animais e estrume (Jeffery et al., 2010), estando a sua riqueza no ecossistema relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e as práticas de gestão do solo, sendo notados declínios em sistemas agrícolas intensivos (Paoletti & Hassall, 1999).

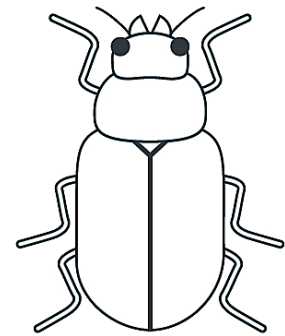
O seu corpo é achatado dorso-ventralmente, com tamanhos que podem variar entre 1 a 60 mm. O seu corpo divide-se em cabeça, tórax e abdômen. A cabeça possui olhos compostos, dois pares de antenas (um par vestigial) e quatro pares de peças bucais para processamento de alimentos. O tórax tem sete pares de pernas ambulatórias. O abdômen é composto por cinco pares de apêndices modificados (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

## 2.6.4 – Subfilo Hexapoda

### 2.6.4.1 – Classe Insecta

#### 2.6.4.1.1 – Ordem Coleoptera

A ordem Coleoptera (Fig. 12) inclui quatro subordens: Archostemata, Adephaga, Myxophaga e Polyphaga. Destas, Adephaga e Polyphaga são as que contêm mais espécies, incluindo a maioria das espécies do solo. Existem mais de 370 000 espécies descritas, sendo a maior e mais diversa ordem de organismos do planeta, representando cerca de 40% de todas as espécies de insetos e cerca de 30% de todas as espécies animais. Os coleópteros contribuem significativamente para os processos de decomposição (Orgiazzi et al., 2016), e algumas famílias predadoras (Coccinellidae e Carabidae) têm sido utilizadas com sucesso no controlo biológico de pragas agrícolas (Gullan & Cranston, 2014). Os coleópteros têm sido amplamente utilizados como bioindicadores, devido à sua rápida resposta à fragmentação e às práticas de gestão dos habitats (Rainio & Niemelä, 2003).



**Figura 12 - Forma básica de Coleoptera.** Crédito: UK-NHM.

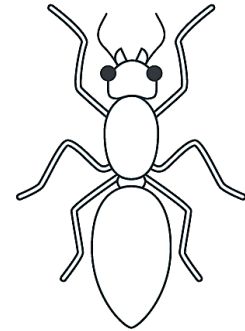
Em ambientes terrestres, muitos coleópteros podem ser encontrados no solo, húmus e manta morta, sob troncos, pedras ou madeira em decomposição. Muitas famílias encontram-se bem adaptadas ao ambiente do solo (Orgiazzi et al., 2016), estando algumas, como os Staphylinidae, adaptadas a viver nas suas camadas mais profundas. Os corpos das espécies euedáficas assemelham-se ao de outros microartrópodes, sendo o tamanho do corpo reduzido e alongado, não tendo olhos e possuindo apêndices muito curtos (Jeffery et al., 2010). Vários coleópteros do solo, como o género Carabus, não têm asas (Orgiazzi et al., 2016).

Os coleópteros do solo são capazes de explorar uma ampla diversidade de fontes de alimento disponíveis no seu habitat. Muitas espécies são predadoras de pequenos animais do solo (minhocas, colêmbolos e nemátodos); alimentando-se outros de fungos, madeira morta (Orgiazzi et al., 2016), material em decomposição ou raízes das plantas (Jeffery et al., 2010).

A maioria das espécies tem menos de 5 mm, embora as maiores possam ter mais de 160 mm de comprimento. As suas cores são variadas, embora a maioria das espécies que vivem no solo sejam castanhas ou pretas (Orgiazzi et al., 2016).

#### 2.6.4.1.2 – Família Formicidae

As formigas (Fig. 13) pertencem à ordem Hymenoptera - família Formicidae, com 22 subfamílias, 300 gêneros e 14 000 espécies descritas; representando entre 15 - 25% da biomassa animal terrestre. Existem há mais de 120 milhões de anos, sendo dominantes em muitos ecossistemas e ocupando uma ampla gama de nichos ecológicos (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).



**Figura 13 - Forma básica de Formicidae.** Crédito: UK-NHM.

São insetos eusociais que formam ninhos (arbóreos, epígeos ou edáficos) onde vivem em colônias complexas, com uma divisão de trabalho, envolvendo indivíduos reprodutivos e não reprodutivos, cuidados cooperativos dos jovens e gerações sobrepostas. Esta divisão de trabalho leva a diferentes castas: a reprodutiva (rainha), e a estéril (operárias e soldados) que desempenham todas as outras funções da colônia. Machos reprodutivamente ativos apenas são produzidos durante a época de reprodução e morrem logo após o acasalamento. As formigas que nidificam no subsolo cavam túneis que são interligados por câmaras com funções específicas, dando algumas das quais acesso ao mundo exterior. Alguns ninhos, como os de *Atta laevigata* podem ter até 7 m de profundidade e conter mais de 7 800 câmaras (Orgiazzi et al., 2016).

São frequentemente definidas como "engenheiros ecológicos" uma vez que controlam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos. São consideradas espécies-chave (Jeffery et al., 2010) para algumas funções dos ecossistemas, como a facilitação da germinação de sementes, a manutenção e funcionamento dos solos, o ciclo de nutrientes, os processos de decomposição e a infiltração de água no solo (Orgiazzi et al., 2016). Diferentes espécies de formigas cumprem os papéis de herbívoros, predadores, necrófagos, mutualistas, parasitas sociais ou também criadores de plantas, fungos e homópteros (Jeffery et al., 2010).

O seu tamanho varia entre 0,75 a 53 mm, sendo a maioria das espécies vermelhas ou pretas e algumas amarelas, verdes ou com um brilho metálico. O seu corpo é dividido em três partes: cabeça com a presença de olhos compostos, antenas e mandíbulas; tórax (ou mesosoma) com três pares de pernas e eventualmente asas; e abdômen (metasoma). Algumas características que as distinguem de outros insetos são a presença de um ferrão no último segmento (gáster) (embora alguns grupos o tenham perdido, pulverizando alternativamente ácido fórmico); as antenas em cotovelo na cabeça, as glândulas metapleurais no tórax e o pecíolo (constricção entre o abdômen e o tórax com um ou dois nós ou escamas) (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

#### **2.6.4.2 – Grupo Entognatha**

Tradicionalmente, Collembola, Protura e Diplura têm sido agrupados como "Entognatha", principalmente com base na semelhança na morfologia das suas armaduras bucais, encontrando-se estas encerradas em dobras da cabeça que formam uma bolsa gnata (entognatas), em contraste com as armaduras bucais dos Insecta, que são expostas (ectognatas). Embora a monofilia dos Entognatha possa ser contestada, alguns dados moleculares fornecem suporte para este grupo, que pode ser tratado como uma classe dentro dos Hexapoda, de igual hierarquia aos Insecta (Gullan & Cranston, 2014).

No entanto, algumas classificações agrupam Diplura com Protura, num grupo denominado Nonoculata (sem olhos); Collembola com Protura num grupo denominado Ellipura, com base em características morfológicas compartilhadas; ou Diplura e Protura com Insecta, tornando assim Entognatha parafiléticos. Dados recentes de transcriptomas também não conseguem resolver as relações interordenais dos Entognatha, sendo necessária uma maior amostragem de genes e táxons para confirmar as várias relações propostas (Gullan & Cranston, 2014).

Como geralmente são considerados euedáficos, são dependentes de um intervalo bastante limitado de condições (e.g. humidade, pH, temperatura, presença de constituintes químicos dissolvidos e matéria orgânica), sendo assim muito sensíveis a distúrbios e considerados como indicadores muito úteis da saúde do solo (Jeffery et al., 2010). As classes Protura e Diplura de forma geral ocorrem raramente, e existe pouca informação disponível sobre as mesmas. No entanto, as suas características morfológicas, como o corpo pequeno sem quitina, e as suas funções tróficas fazem deles potenciais indicadores da estabilidade do solo (Socarrás, 2013).

#### 2.6.4.2.1 – Classe Collembola

Os colêmbolos (Fig. 14) representam um dos grupos mais importantes de microartrópodes do solo, tanto pelo número de espécies quanto pelo número de indivíduos geralmente presentes nos solos, existindo cerca de 8 500 espécies descritas e podendo um metro quadrado de solo conter até 40 000 indivíduos. São os hexápodes mais abundantes do mundo, podendo ser encontrados numa grande variedade de habitats e podem ser responsáveis por até 30% da respiração total dos invertebrados do solo. São classificados em quatro ordens: Entomobryomorpha e Poduromorpha (com forma alongada), e Symphypleona e Neelipleona (com forma esférica) (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

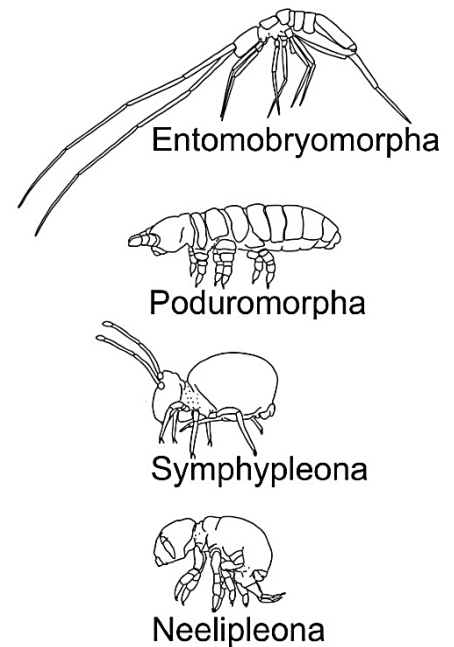


Figura 14 - Formas básicas de Collembola. Crédito: mdpi.com

O seu nome deriva das palavras gregas kolla (cola) e embolon (pistão), tendo sido inicialmente proposto em referência ao tubo ventral (colóforo), que desempenha um papel importante no equilíbrio de fluidos e eletrólitos e pode também servir como um “pistão de cola” para aderir a superfícies lisas ou para limpeza (Hopkin, 1997).

Os colêmbolos são principalmente detritívoros e microbívoros, alimentando-se de bactérias, hifas e esporos de fungos; material vegetal em decomposição e outros detritos orgânicos; sendo, no entanto, algumas espécies predadoras de nemátodos ou de outros colêmbolos e dos seus ovos. Desta forma, os colêmbolos são um dos principais agentes de controle biológico das populações microbianas (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

São organismos de corpo mole, podendo apresentar tamanhos entre (0,12 a 17 mm), tendo frequentemente olhos rudimentares ou ocelos. Outra característica (nem sempre presente) é a presença de fúrcula (órgão de salto bifurcado), que é mantida por um mecanismo especial de retenção que, quando liberado, atua como uma mola que pode propulsioná-los várias vezes o comprimento do seu corpo (Gullan & Cranston, 2014; Hopkin, 1997).

O seu corpo é dividido em segmentos, com as antenas em quatro a seis partes; as pernas em quatro partes e o abdómen em seis partes. O colóforo, o gancho de retenção, a fúrcula, o gonópore e o ânus, situam-se nos segmentos 1, 3, 4, 5 e 6 respetivamente. O seu desenvolvimento larval é epimórfico (número de segmentos constante) (Gullan & Cranston, 2014).

Estes artrópodes apresentam comportamentos e morfologias distintas consoante as camadas de solo a que se encontram adaptados, sendo que as ordens Entomobryomorpha e Symphypleona são principalmente epiedáficas, vivendo na manta morta e na vegetação emergente, sendo rápidos e bons saltadores, possuindo olhos maiores, apêndices mais longos e uma fúrcula alongada que pode ter um comprimento de mais de metade do corpo. As ordens Poduromorpha e Neelipleona vivem principalmente dentro do solo (euedáficas), tendo um movimento lento, com espécies como Hypogastrura a profundidades intermediárias do solo, com olhos simples, apêndices curtos e fúrcula mais curta que metade do comprimento do corpo; e espécies de Onychiuridae em camadas profundas do solo, cegas, sem pigmentação, com apêndices reduzidos e fúrcula ausente (Gullan & Cranston, 2014; Orgiazzi et al., 2016).

As espécies de superfície são pigmentadas, provavelmente para fornecer proteção contra a radiação UV e possivelmente também como camuflagem contra predadores. No entanto, os organismos que vivem geralmente em camadas mais profundas no solo, não precisam de proteção contra a radiação UV, que penetra muito mal no solo (<2 mm), nem contra predadores que vivem no solo, uma vez que não usam a visão para caçar. Desta forma, os colêmbolos que vivem em profundidade não teriam sido expostos à pressão seletiva evolutiva que favorece a camuflagem (Jeffery et al., 2010).

As espécies edáficas são capazes de se mover verticalmente no solo, e apenas o podem deixar sob o abrigo da escuridão e de humidade elevada (Eisenbeis, 2005); desta forma, a dinâmica das suas comunidades estão intimamente relacionadas com as condições ambientais (Chernova & Kuznetsova, 2000), que são fatores determinantes na sua taxa de reprodução, desenvolvimento e sobrevivência assim como pela sua distribuição vertical no solo (Arbea & Blasco, 2001), especialmente durante as estações secas quando se deslocam para camadas mais profundas (Detsis, 2000) ou ficam dormentes ou quiescentes (Hopkin, 1997).

A Figura 15 demonstra exemplos de espécies adaptadas a diferentes camadas do solo, segundo Jeffery et al. (2010).

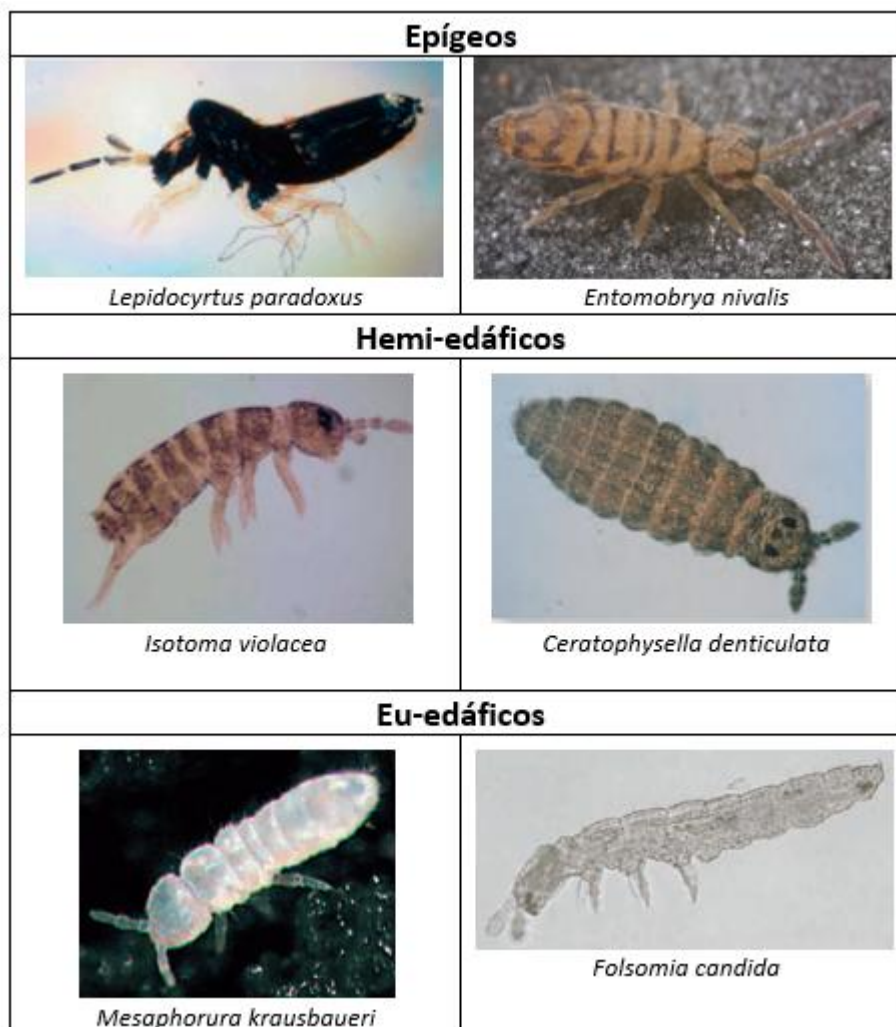


Figura 15 - Exemplos de espécies de colêmbolos adaptados a diferentes camadas do solo. Adaptado de Jeffery et al. (2010).

#### 2.6.4.2.2 – Classe Diplura

A classe Diplura (Fig. 16) compreende nove famílias existentes, sendo as principais Japygidae e Campodeidae, cada uma com mais de 400 espécies. No total, existem aproximadamente 1 000 espécies descritas e distribuídas mundialmente, tendo geralmente densidades populacionais baixas (< 50 indivíduos por metro quadrado), existindo raramente mais de uma ou várias espécies no mesmo local. Os Diplura vivem tipicamente em madeira, na manta morta, sob rochas ou troncos, em musgos, na superfície ou em camadas mais profundas do solo, preferindo conteúdos de humidade relativamente altos e estáveis, evitando perturbações do solo e movendo-se rapidamente para melhores condições (Jeffery et al., 2010; Socarrás, 2013; Orgiazzi et al., 2016).

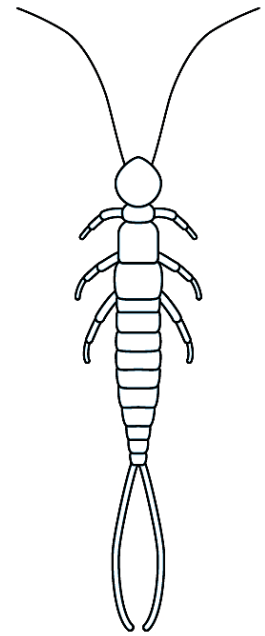


Figura 16 - Forma básica de Diplura. Crédito: UK-NHM.

Muitas espécies são herbívoras e detritívoras, fazendo parte da comunidade decompositora, alimentando-se de uma ampla gama de material vegetal e promovendo a sua reciclagem. Algumas espécies possuem mandíbulas bem desenvolvidas, podendo também alimentar-se de nemátodos, pequenos artrópodes ou micélio de fungos (Orgiazzi et al., 2016).

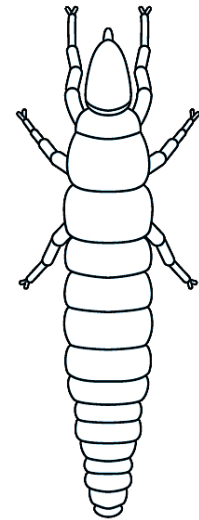
Podem apresentar tamanhos entre os (0,3 a >2 cm), com um corpo estreito e alongado, geralmente branco ou incolor. A cabeça possui um par de antenas longas e moniliformes (formadas por segmentos) e não têm olhos. O abdómen termina com um par de *cerci* (apêndices abdominais proeminentes), que podem conter glândulas de seda. Estes podem apresentar-se como um par de pinças (família Japygoidea) ou ser filamentosos (família Campodeoidea) (Sendra, 2006).

O tórax é pouco diferenciado do abdómen de 10 segmentos, as pernas são segmentadas em cinco partes, o gonópore está localizado entre os segmentos 8 e 9, e o ânus é terminal. O desenvolvimento larval é epimórfico (número de segmentos constante) (Gullan & Cranston, 2014).

Algumas espécies de Japygidae são robustas e mais escuras, sendo frequentemente confundidas com insetos da ordem Dermaptera. Sabe-se que os Diplura são capazes de regenerar partes do corpo perdidas, como pernas, antenas e cerci (Sendra, 2006).

### 2.6.4.2.3 – Classe Protura

A classe Protura (Fig. 17) inclui três ordens (Acerentomata, Sinentomata e Eosentomata) com mais de 700 espécies descritas. Estes podem ser encontrados em solos húmidos, na manta morta, em húmus, musgo e madeira em decomposição, preferindo solos com alto teor de matéria orgânica e não prosperando em solos muito ácidos. A sua densidade é variável em relação às características do solo e ao conteúdo de matéria orgânica, sendo que em solos perturbados e degradados, podem estar completamente ausentes, enquanto em habitats não perturbados, podem existir entre 1 000 a 90 000 indivíduos por metro quadrado de solo (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).



**Figura 17 - Forma básica de Protura.** Crédito: UK-NHM.

Geralmente, fazem parte da comunidade decompositora, e embora os seus requisitos alimentares sejam parcialmente desconhecidos, estes alimentam-se principalmente de micorrizas, hifas de fungos, outras microfloras e, considerando a forma das peças bucais, parece provável que consumam fluidos (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

Podem apresentar tamanhos entre (0,5 a 2,5 mm), em corpos alongados, cilíndricos e pontiagudos; geralmente não pigmentados, pálidos ou amarelados. Não possuem asas, antenas ou olhos, usando as patas dianteiras como órgãos sensoriais, possuindo *Sensila* (estruturas sensoriais) cobrindo os seus tarsos (segmentos posteriores). Na parte dorsal da cabeça existe um par de *pseudoculi* cujas funções não são bem compreendidas (Nosek, 1973; Jeffery et al., 2010).

O desenvolvimento larval é anamórfico (segmentos adicionados durante o desenvolvimento), sendo que nascem com 9 segmentos abdominais, adicionando novos segmentos distais por sucessivas mudas, até ao total de 12 segmentos em adultos. O tórax é pouco diferenciado do abdómen, as pernas são segmentadas em cinco partes, o gonópore está localizado entre os segmentos 11 e 12, e o ânus é terminal (Gullan & Cranston, 2014; Nosek, 1973).

### 2.6.5 – Subfilo Myriapoda

O subfilo Myriapoda é categorizado em quatro classes: Diplopoda (milípedes, 16 ordens, ca. 12 000 espécies), Chilopoda (centípedes, 5 ordens, ca. 3 000 espécies), Pauropoda (2 ordens, ca. 800 espécies) e Symphyla (1 ordem, ca. 200 espécies) (Orgiazzi et al., 2016).

Estes organismos não são excepcionalmente abundantes em nenhum habitat, com exceção de algumas espécies de milípedes, que podem atingir densidades superiores a 1 000 indivíduos por metro quadrado. Os Symphyla e Pauropoda são distribuídos de forma mais desigual e em menor abundância, pois são muito sensíveis a mudanças nas propriedades do solo e à disponibilidade de alimento (Orgiazzi et al., 2016), sendo mais característicos em solos não perturbados (Bedano et al., 2006); não existindo, no entanto, muitos estudos acerca da sua utilização independente como bioindicadores (Menta & Remelli, 2020). Bedano et al. (2006), sugere que a redução de Pauropoda em sistemas agrícolas intensivos pode ser amplamente explicada pelos distúrbios químicos e mecânicos ao solo, bem como outras condições abióticas características das práticas agrícolas convencionais.

São geralmente habitantes do solo, sendo as espécies maiores escavadoras, enquanto as espécies menores utilizam fendas e espaços no solo. Podem ser encontrados tanto em camadas de solo profundas quanto superficiais. Todos prosperam em alta humidade, temperaturas estáveis e baixos níveis de radiação ultravioleta; portanto, são tipicamente encontrados sob pedras e troncos, na manta morta e em cavernas. Algumas espécies de milípedes e centípedes podem subir árvores (Orgiazzi et al., 2016).

São artrópodes de tamanho pequeno a grande (0,5 - 385 mm) com corpos alongados e segmentados mais ou menos uniformemente, com entre 8 até 750 pares de patas. Os milípedes têm pares de segmentos fundidos (diplosegmentos) e, conseqüentemente, dois pares de pernas por segmento. Os centípedes têm forceps, que contêm glândulas de veneno para capturar e imobilizar presas (Hopkin & Read, 1992; Lewis, 1981).

### 2.6.5.1 – Classe Chilopoda

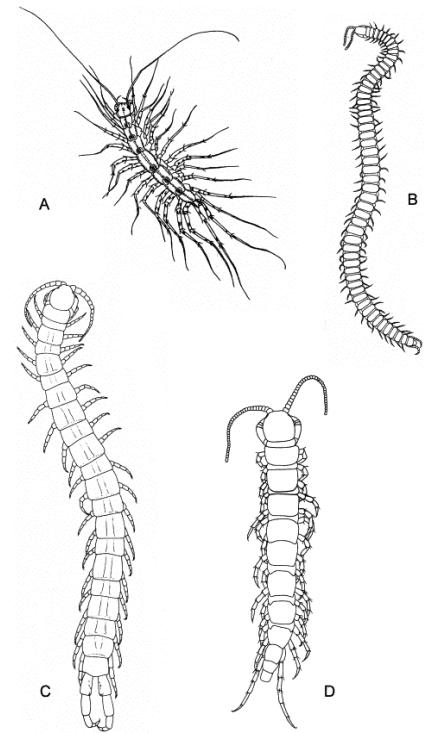
Os centípedes são miriápodes com uma ancestralidade que remonta a 430 milhões de anos (final do Siluriano), estando, juntamente com os milípedes, entre os primeiros animais terrestres. Estima-se que existam aproximadamente 8 000 espécies em todo o mundo, das quais 3 000 já foram descritas pela ciência (Jeffery et al., 2010). São categorizados em quatro ordens principais: Scutigleromorpha (Fig. 18a), Geophilomorpha (Fig. 18b), Scolopendromorpha (Fig. 18c) e Lithobiomorpha (Fig. 18d) (Minelli & Golovatch, 2013).

A sua abundância pode variar entre os 20 a 300 indivíduos por metro quadrado (Jeffery et al., 2010), dependendo da abundância de alimento (Menta & Remelli, 2020), a estrutura do solo (Tulande-M. et al., 2018), as condições de humidade e temperatura (Kicaj & Qirjo, 2010), as condições de pH, ou a incapacidade deste grupo se adaptar a alterações ambientais (Klarner et al., 2017).

São predadores generalistas, adaptados para caçar uma variedade de diferentes presas, regulando as populações das comunidades decompositoras (Lensing & Wise, 2006) e de animais menores (larvas, colêmbolos, ácaros, aranhas, nemátodos e anelídeos); embora também possam ocasionalmente alimentar-se de matéria vegetal em decomposição, répteis, anfíbios, aves e pequenos mamíferos (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

podem apresentar tamanhos entre alguns milímetros até cerca de 30 cm, com um corpo alongado, dividido em cabeça e um tronco composto por vários segmentos, cada um com um único par de pernas, sendo curiosamente de número sempre ímpar nos adultos. Podem possuir olhos compostos, olhos simples (ocelos), ou ausência de estruturas visuais. Algumas ordens podem possuir antenas mais longas do que o corpo, com um número de segmentos geralmente alto e variável ou fixo. O primeiro segmento do tronco possui um par de apêndices especializados (fórceps), contendo uma glândula de veneno volumosa, usada para captura de presas e defesa (Jeffery et al., 2010); (Minelli & Golovatch, 2013).

As espécies maiores (Lithobiomorpha e Scolopendromorpha) vivem geralmente perto da superfície do solo ou na manta morta; possuem um corpo achatado com menor número de segmentos e



**Figura 18 - Formas básicas das ordens de Chilopoda. (a) Scutigleromorpha; (b) Geophilomorpha; (c) Scolopendromorpha; (d) Lithobiomorpha. Crédito: Minelli & Golovatch, (2013).**

pernas longas e fortes, que lhes permite um movimento muito rápido. Por outro lado, espécies da ordem Geophilomorpha que são especializadas em camadas mais profundas do solo, possuem um corpo geralmente menor e mais estreito, quase cilíndrico, com cores pálidas ou desprovidas de pigmentação; um número muito elevado de segmentos e pernas minúsculas e delicadas (Jeffery et al., 2010).

### 2.6.5.2 – Classe Diplopoda

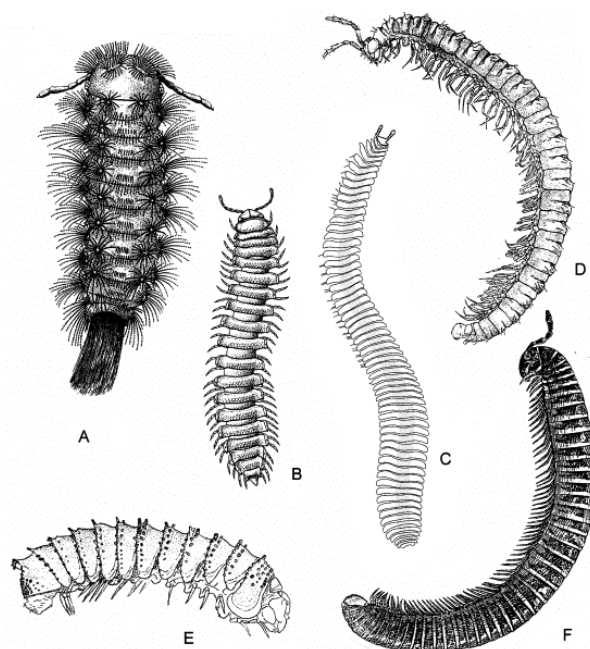
Os Diplopoda (Fig. 19) são um grupo comum presentes nos ecossistemas agrícolas, com cerca de 10 000 espécies descritas. A densidade populacional geralmente varia de 15 a 800 indivíduos por metro quadrado, podendo estar relacionada com as condições de humidade e temperatura, ou a presença de substâncias calcárias (Jeffery et al., 2010; Kicaj & Qirjo, 2010).

Os milípedes vivem geralmente na parte superior do solo e nas camadas da manta morta, sendo detritívoros de movimento lento que comem folhas em decomposição e outros materiais vegetais mortos, contribuindo para a diminuição e destruição dos detritos nas primeiras fases da decomposição, estimando-se que sejam

responsáveis por cerca de 10 - 15 % da decomposição da queda anual de folhas. No entanto, existem também algumas espécies onívoras ou carnívoras, que podem predar pequenos artrópodes, como insetos, centípedes, ou minhocas, bem como algumas espécies que possuem peças bucais perfurantes que lhes permite alimentar-se da seiva de plantas (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

Algumas espécies encontram-se adaptadas a horizontes mais profundos do solo, cavernas e micro-cavernas, demonstrando um alto nível de adaptação como a redução de tamanho, perda de estruturas visuais e desenvolvimento de recetores especializados para sentir a humidade e as propriedades químicas do ambiente (Jeffery et al., 2010).

O seu tamanho varia entre alguns milímetros e 35 cm. O corpo inclui uma cabeça e um tronco normalmente alongado, mais ou menos achatado dorso-ventralmente. O primeiro segmento do



**Figura 19 - Formas básicas das ordens de Diplopoda. (a) Polyxenida; (b) Polydesmida; (c) Platydesmida; (d) Chordeumatida; (e) Glomerida; (f) Stemmiulida. Crédito: Minelli & Golovatch, (2013).**

tronco não tem pernas, sendo seguido por três ou quatro segmentos torácicos com um par de pernas cada, e um número adicional de segmentos abdominais com dois pares de pernas cada. Os milípedes podem ter entre 11 a 375 pares de patas. Podem possuir grupos de olhos simples, ou ausência de estruturas visuais. As antenas são geralmente curtas e compostas de oito segmentos. As peças bucais são geralmente adaptadas para cortar e mastigar matéria dura, como madeira ou folhas mortas, embora alguns milípedes tenham evoluído adaptações para sucção (Minelli & Golovatch, 2013).

A maioria dos milípedes possui defesas químicas na forma de glândulas (ozadenos) que produzem substâncias nocivas que são expelidas através de uma série lateral de aberturas repugnatórias (ozoporos). Vários milípedes são adaptados a enrolar-se sobre si mesmos (volvação), tornando-se assim uma bola lisa difícil de agarrar e muitos outros podem enrolar-se numa espiral achatada (Minelli & Golovatch, 2013).

### 2.6.5.3 – Classe Pauropoda

Os paurópodes (Fig. 20) são os miriápodes mais pequenos, podendo medir entre 0,5 a 1,9 mm de comprimento. Apenas 500 espécies foram descritas, aproximadamente, com uma ocorrência irregular e uma baixa densidade de cerca de 100 indivíduos por metro quadrado; (Jeffery et al., 2010; Scheller & Minor, 2010).

Vivem principalmente no solo, podendo também ocorrer na manta morta, em troncos em decomposição ou musgo (Scheller et al., 2004), preferindo habitats não perturbados com elevado teor de matéria orgânica e ricos em espaços porosos (Scheller & Minor, 2010). São particularmente suscetíveis à humidade do solo, à luz e à temperatura, sendo que quando a parte superior do solo seca, procuram humidade nas camadas mais profundas (Rodríguez, 1992).

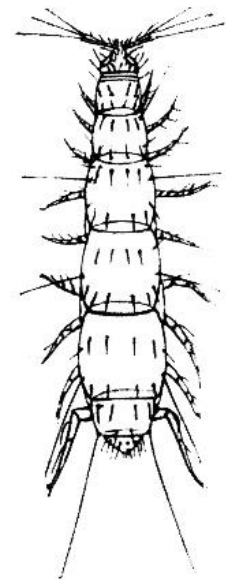


Figura 20 - Forma básica de Pauropoda. Crédito: sciencedirect.com.

A Sua dieta é geralmente composta de matéria vegetal morta e fungos, mas ocasionalmente podem sugar líquidos de matéria vegetal em decomposição, ou tornar-se predadores de pequenos animais; (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).

Assim como outros organismos adaptados à vida subterrânea, são cegos, mas possuem um par de órgãos sensíveis a vibrações (pseudocúlios). As antenas são geralmente muito bem desenvolvidas, dividindo-se após o primeiro segmento em dois ramos, terminando em um ou dois flagelos,

terminando em outro órgão sensor chamado *globulus*. O tronco possui 9 a 11 pares de patas na fase adulta (Jeffery et al., 2010; Minelli & Golovatch, 2013).

#### 2.6.5.4 – Classe Symphyla

Os Symphyla (Fig. 21) são habitantes do solo pequenos, encontrados muitas vezes em abundância em solos florestais húmidos, alimentando-se de material vegetal (Edde, 2022). Podem mover-se rapidamente pelo solo e ser encontrados desde a superfície até uma profundidade de 50 cm. São conhecidas cerca de 200 espécies e a sua densidade pode atingir até 8 000 indivíduos por metro quadrado em solos agrícolas (Jeffery et al., 2010). Os Symphyla dividem-se em duas famílias: Scolopendrellidae e Scutigereidae (FE, 2020).

Vivem principalmente em habitats não perturbados com alto teor orgânico e ricos em espaços porosos (Rodríguez, 1992), podendo também se encontrados na manta morta e debaixo da casca de árvores (Moritz & Wesener, 2018). Os fatores que regulam a sua distribuição são a humidade elevada, a temperatura, a descompactação do solo e presença de alimento (Rodríguez, 1992). Durante a primavera e o início do verão, podem migrar em grande número para a superfície, enquanto durante os períodos quentes de verão, as populações retiram-se para camadas mais profundas do solo (Voigtländer et al., 2016).

Possuem um corpo mole e esbranquiçado, medindo entre 2 e 30 mm de comprimento. Todas as espécies são cegas e possuem um par de antenas alongadas e multissegmentadas. Os adultos têm entre 15 a 22 segmentos corporais e 11 ou 12 pares de pernas, dos quais o primeiro é geralmente reduzido em tamanho. O último segmento do corpo possui dois apêndices pontiagudos conhecidos como cerci, consideravelmente mais curtos que o comprimento da sua cabeça, com uma glândula para tecer teias na ponta. Os Symphyla são os únicos artrópodes com um par de aberturas respiratórias na cabeça, mas toda a sua cutícula, muito macia e permeável, é importante para a troca gasosa, não havendo proteção cuticular contra a evaporação (Edde, 2022; Jeffery et al., 2010; Minelli & Golovatch, 2013).

As peças bucais são do tipo mastigador, alimentando-se de micro-organismos ou vegetação em decomposição, podendo, no entanto, causar danos em ambientes agrícolas ao consumir sementes, raízes e pelos radiculares das plantas (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016).



**Figura 21 - Forma básica de Symphyla.**

Crédito:  
sciencedirect.com.

### 3 - Materiais e Métodos

#### 3.1 – Campos de ensaio

A Figura 22 representa os campos de ensaio e a sua localização relativa.

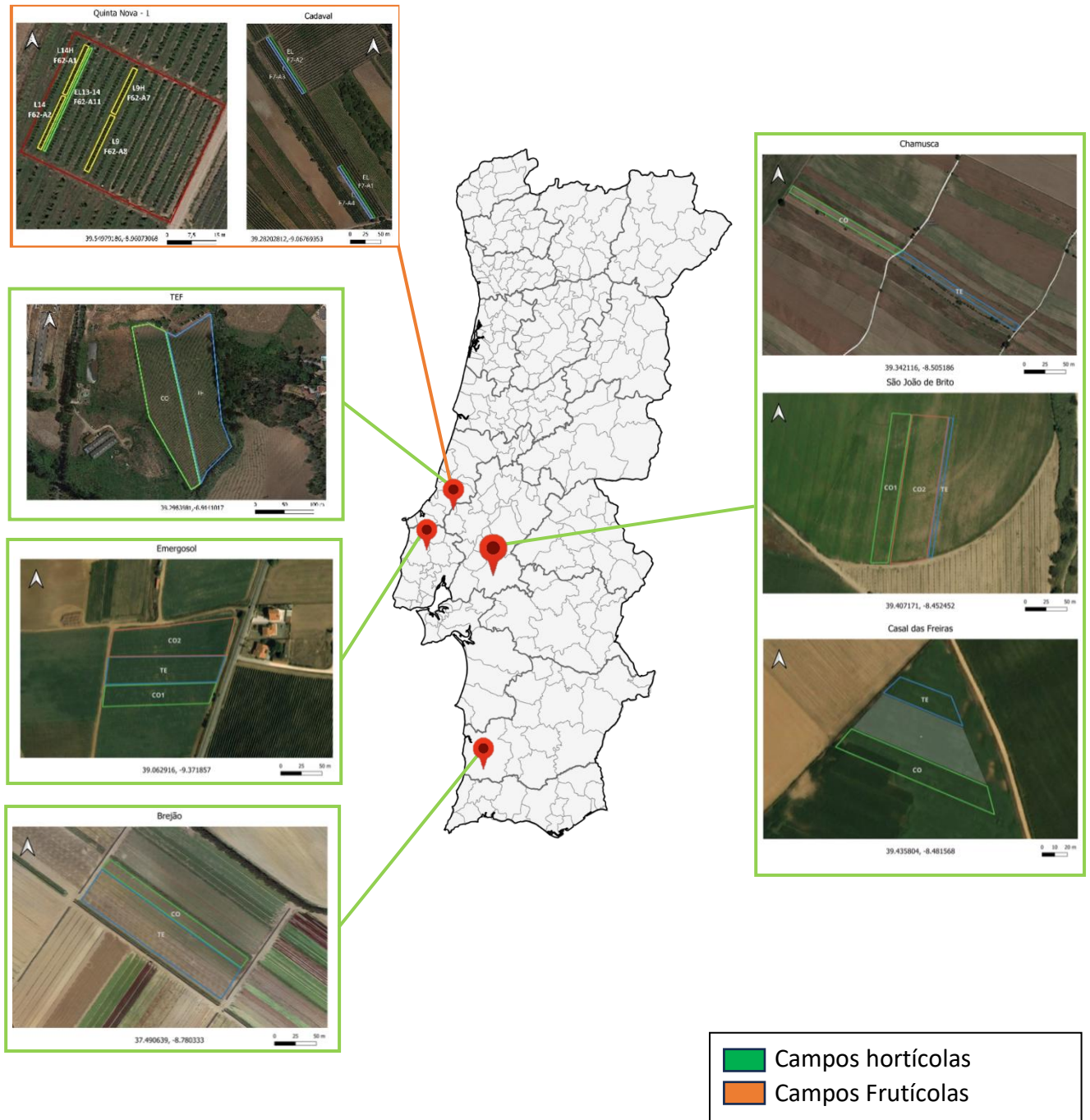


Figura 22 – Localização relativa dos campos de ensaio.

### 3.1.1 – Culturas Hortícolas

#### 3.1.1.1 – Campotec (CAM)

O Quadro 1 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “Campotec” e às suas modalidades em estudo (Fig. 23).

Quadro 1 – Identificação da exploração: CAM.

Identificação da exploração	
Exploração	Campotec (CAM)
Localização	Brejão
Coordenadas GPS	37.490639, -8.780333
Cultura principal	Espinafre
Modalidades	CO: (mistura biodiversa) TE: (monocultura de mostarda)



Figura 23 – Vista aérea e localização das parcelas do campo: Campotec.

O Quadro 2 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “Campotec”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Consociação [CO] - Fig. 24a; Testemunha [TE] - Fig. 24b); durante a cultura de cobertura [CC] e durante a cultura principal [CP].

Quadro 2 – Períodos de amostragem na exploração CAM

Períodos de amostragem - Campotec			
2023		2024	
Amostragem 1 (CC)	02/03/2023	Amostragem 1 (CC)	27/02/2024
Amostragem 2 (CP)	17/05/2023	Amostragem 2 (CP)	16/07/2024



Figura 24 – Modalidades de ensaio do campo: Campotec (02/03/2023) - a) Consociação; b) Testemunha.

### 3.1.1.2 – Chamusca (CHA)

O Quadro 3 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “Chamusca” e às suas modalidades em estudo (Fig. 25).

Quadro 3 - Identificação da exploração: CHA

Identificação da exploração	
Exploração	Chamusca
Localização	Chamusca
Coordenadas GPS	39.342116, -8.505186
Cultura principal	Tomate
Modalidades	CO: (mistura biodiversa) TE: (vegetação espontânea)



Figura 25 – Vista aérea e localização das parcelas do campo: Chamusca.

O Quadro 4 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “Chamusca”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Consociação [CO] - Fig. 26a; Testemunha [TE] - Fig. 26b); durante a cultura de cobertura [CC] e durante a cultura principal [CP].

Quadro 4 - Períodos de amostragem na exploração CHA

Períodos de amostragem - Chamusca			
2022		2023	
Amostragem 1 (CC)	16/02/2022	Amostragem 1 (CC)	01/02/2023
Amostragem 2 (CP)	17/06/2022	Amostragem 2 (CP)	05/06/2023
Amostragem 3 (CP)	27/07/2022	Amostragem 3 (CP)	27/04/2023



Figura 26 - Modalidades de ensaio do campo: Chamusca (20/03/2023) - a) Consociação; b) Testemunha.

### 3.1.1.3 – Casal das Freiras (CF)

O Quadro 5 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “Casal das Freiras” e às suas modalidades em estudo (Fig. 27).

Quadro 5 - Identificação da exploração: CF

Identificação da exploração	
Exploração	Casal das Freiras
Localização	Golegã
Coordenadas GPS	39.435804, -8.481568
Cultura principal	Milho
Modalidades	CO: (mistura biodiversa) TE: (vegetação espontânea)



Figura 27 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: Casal das Freiras.

O Quadro 6 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “Casal das Freiras”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Consociação [CO] - Fig. 28a; Testemunha [TE] - Fig. 28b); durante a cultura de cobertura [CC] e durante a cultura principal [CP].

Quadro 6 - Períodos de amostragem na exploração CF

Períodos de amostragem – Casal das Freiras	
2024	
Amostragem 1 (CC)	20/02/2024
Amostragem 2 (CP)	12/06/2024
Amostragem 3 (CP)	04/07/2024



Figura 28 - Modalidades de ensaio do campo: Casal das Freiras (12/04/2024) - a) Consociação; b) Testemunha.

### 3.1.1.4 – Emergosol (EME)

O Quadro 7 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “Emergosol” e às suas modalidades em estudo (Fig. 29).

Quadro 7 - Identificação da exploração: EME

Identificação da exploração	
Exploração	Emergosol
Localização	Torres Vedras
Coordenadas GPS	39.062916,-9.371857
Cultura principal	Pimento
Modalidades	CO: (mistura biodiversa) TE: (vegetação espontânea)



Figura 29 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: Emergosol.

O Quadro 8 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “Emergosol”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Consociação [CO] - Fig. 30; Testemunha [TE]); durante a cultura de cobertura [CC] e durante a cultura principal [CP].

Quadro 8 - Períodos de amostragem na exploração EME

Períodos de amostragem – Emergosol	
2024	
Amostragem 1 (CC)	14/03/2024
Amostragem 2 (CP)	13/06/2024
Amostragem 3 (CP)	27/06/2024



Figura 30 - Modalidade de ensaio “Consociação” do campo: Emergosol (5/5/2023).

### 3.1.1.5 – São João de Brito (SJB)

O Quadro 9 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “São João de Brito” e às suas modalidades em estudo (Fig. 31).

Quadro 9 - Identificação da exploração: SJB

Identificação da exploração	
Exploração	São João de Brito
Localização	Golegã
Coordenadas GPS	39.407171, -8.452452
Cultura principal	Milho
Modalidades	CO: (mistura biodiversa) TE: (vegetação espontânea)



Figura 31 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: São João de Brito.

O Quadro 10 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “São João de Brito”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Consociação [CO] - Fig. 32a; Testemunha [TE] - Fig. 32b); durante a cultura de cobertura [CC] e durante a cultura principal [CP].

Quadro 10 - Períodos de amostragem na exploração SJB

Períodos de amostragem – S. João de Brito	
2024	
Amostragem 1 (CC)	20/02/2024
Amostragem 2 (CP)	27/06/2024
Amostragem 3 (CP)	04/07/2024



Figura 32 - Modalidades de ensaio do campo: S. João de Brito (20/03/2024) - a) Consociação; b) Testemunha.

### 3.1.1.6 – TEF

O Quadro 11 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “TEF” e às suas modalidades em estudo (Fig. 33).

Quadro 11 - Identificação da exploração: TEF

Identificação da exploração	
Exploração	TEF
Localização	Rio Maior
Coordenadas GPS	39.299488, -8.915881
Cultura principal	Tomate
Modalidades	CO: (mistura biodiversa) TE: (monocultura de aveia)



Figura 33 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: TEF.

O Quadro 12 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “TEF”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Consociação [CO]; Testemunha [TE]); durante a cultura de cobertura [CC] e durante a cultura principal [CP] (Fig. 34).

Quadro 12 - Períodos de amostragem na exploração TEF

Períodos de amostragem – TEF	
2024	
Amostragem 1 (CC)	08/03/2024
Amostragem 2 (CP)	26/06/2024
Amostragem 2 (CP)	25/07/2024



Figura 34 - Cultura principal no campo: TEF (27/06/2024).

### 3.1.2 – Culturas Frutícolas

#### 3.1.2.1 – Cadaval (CAD)

O Quadro 13 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio “Cadaval” e às suas modalidades em estudo (Fig. 35).

Quadro 13 - - Identificação da exploração: CAD

Identificação da exploração	
Exploração	Casal dos Pavorais
Localização	Cadaval
Coordenadas GPS	39.280724, -9.066791
Cultura principal	Macieira
Modalidades	L: (linha com monda por herbicida à base de glifosato)



Figura 35 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: CAD.

O Quadro 14 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “Cadaval”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo na modalidade (Linha [L]) (Fig. 36); durante os períodos pré-herbicida [pré\_H] e pós-herbicida [pós\_H].

Quadro 14 - Períodos de amostragem na exploração CAD

Períodos de amostragem - CAD	
2024	
Amostragem 1	19/03/2024 (Pré_H)
Amostragem 2	25/03/2024 (Pós_H)
Amostragem 3	21/04/2024
Amostragem 4	08/07/2024 (Pré_H)
Amostragem 5	14/07/2024 (Pós_H)



Figura 36 – Linhas no campo: CAD (08/07/2024).

### 3.1.2.2 – Quinta Nova (QN)

O Quadro 15 refere as informações principais, referentes ao campo de ensaio: Quinta Nova e às suas modalidades em estudo (Fig. 37).

Quadro 15 - - Identificação da exploração: QN

Identificação da exploração	
Exploração	Quinta Nova
Localização	Alcobaça
Coordenadas GPS	39.55007, -8.960168
Cultura principal	Macieira
Modalidades	L: (linha com monda mecânica efetuada por roçadora) LH: (linha com monda por herbicida à base de glifosato)

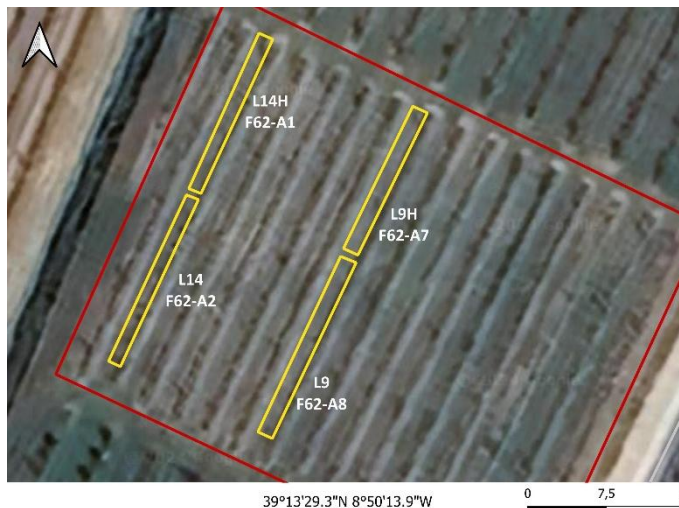


Figura 37 - Vista aérea e localização das parcelas do campo: QN.

O Quadro 16 indica os períodos de amostragem do campo de ensaio “Quinta Nova”. Para cada período, foram recolhidas amostras de solo em ambas as modalidades (Linha [L]; Linha Herbicida [LH]) (Fig. 38).

Quadro 16 - Períodos de amostragem na exploração QN

Períodos de amostragem - CAD	
2023 / 2024	
Amostragem 1	16/22/2023
Amostragem 2	21/03/2024
Amostragem 3	02/07/2024



Figura 38 - Enrelvamento no campo: CAD.(12/07/2024).

### 3.2 – Técnica de amostragem

As amostragens de solo efetuaram-se nas datas apresentadas nos Quadros 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16, para os campos de ensaio respetivos; durante a parte da manhã, de forma a evitar os períodos de maior calor. As colheitas foram realizadas através de uma sonda de solo com 38mm de diâmetro (Fig. 39a); tendo sido recolhidas 8 sub-amostras, a 20 cm de profundidade (Fig. 39b), de forma aleatória, por cada modalidade de ensaio. As recolhas foram efetuadas com uma margem de dez metros dos limites das parcelas e com cinco a dez metros entre si. As amostragens correspondentes a cada modalidade foram colocadas em sacos de plástico transparentes devidamente identificados (Fig. 39c) e transportadas para o laboratório (adaptado de Menta et al. (2018)).



Figura 39 - Procedimento de recolha de amostras de solo: a) Sonda de solo; b) Recolha de solo a 20cm de profundidade; c) Separação e identificação das amostras.

### 3.3 – Extração dos microartrópodes

As amostras de solo foram colocadas, no mesmo dia da recolha, num extrator do tipo *Berlese-Tüllgren* construído para o efeito (Fig. 40); equipado com lâmpadas incandescentes de 40W, colocadas a 20cm das amostras de solo, em crivos com uma malha de 2mm, direcionados por funis para recipientes de vidro, com uma lamina de líquido fixador (Etanol a 70%). O efeito de aquecimento e secagem do solo promovido pelas lâmpadas, causou a sua inospitalidade e consequente migração vertical dos microartrópodes até à sua queda nos recipientes de recolha. As extrações foram efetuadas durante períodos consecutivos de sete dias (adaptado de Menta et al. (2018)).



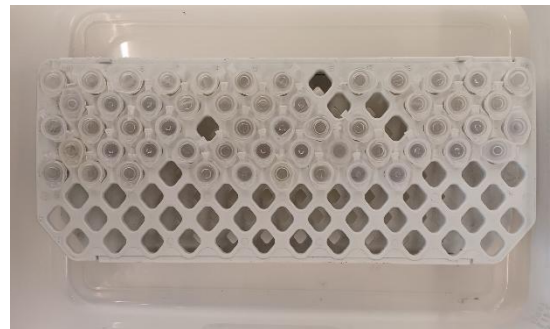
Figura 40 - Extração dos microartrópodes em extrator do tipo *Berlese-Tüllgren*.

### 3.4 – Classificação dos microartrópodes e atribuição do QBS-ar

Os artrópodes extraídos foram colocados em placas de *petri*, observados e fotografados com o auxílio de um microscópio estereoscópico “Nikon SMZ800N” (Fig. 41). A cada indivíduo foi atribuído um valor EMI (*Eco Morphological Index*), que variou entre 1 (sem adaptação ao solo) e 20 (adaptação máxima ao solo), de acordo com as tabelas de classificação na secção 3.5. Os índices QBS-ar finais, resultaram da soma dos valores EMI obtidos para cada amostragem. Após a sua classificação, os espécimes foram preservados em tubos *Eppendorf* devidamente identificados (Fig. 42).



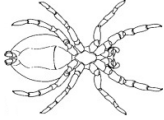
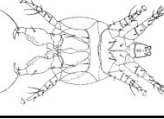

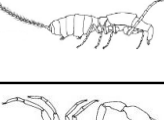
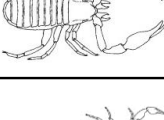
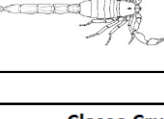
**Figura 41 - Observação dos microartrópodes através de microscópio estereoscópico.**

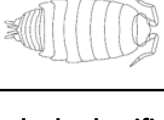



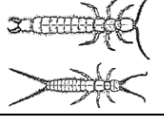
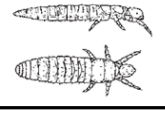
**Figura 42 - Preservação dos microartrópodes em tubos *Eppendorf*.**

### 3.5 – Tabelas de classificação QBS-ar

De forma a facilitar a classificação e atribuição dos índices EMI, foram adaptados de Parisi et al. (2005) e Menta et al. (2017), os quadros ilustrados (Fig. 43 e 44), bem como quadros específicos para classificação de colêmbolos e coleópteros (Quadros 17 e 18).

Classe Arachnida			
Crédito das imagens: (Gibb & Oseto, 2019).			
Taxa	Imagem	Características	EMI
Araneae		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 patas.</li> <li>• Quelíceras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 5mm: <b>1</b></li> <li>• &lt; 5mm; pigmentação escassa: <b>5</b></li> </ul>
Acari		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 patas (adultos).</li> </ul>	<b>20</b>
Opilliones		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olhos.</li> <li>• Abdômen Segmentado.</li> </ul>	<b>10</b>
Palpigradi		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abdômen Segmentado com flagelo comprido.</li> </ul>	<b>20</b>
Pseudo-scorpiones		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinças semelhantes a escorpiões.</li> </ul>	<b>20</b>
Scorpiones		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinças e cauda com ferrão venenoso.</li> </ul>	<b>10</b>

Classe Crustacea			
Crédito das imagens: Shultz, (2018)			
Taxa	Imagem	Características	EMI
Isopoda		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 pares de patas.</li> </ul>	<b>10</b>

Grupo Entognatha			
Crédito das imagens: Gullan & Cranston, (2014).			
Taxa	Imagem	Características	EMI
Collembola		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Furca.</li> </ul>	<b>1 - 20</b>
Diplura		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem olhos.</li> <li>• Antenas longas.</li> <li>• Cerci.</li> </ul>	<b>20</b>
Protura		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem antenas.</li> <li>• 1º par de patas aponta para a frente.</li> </ul>	<b>20</b>

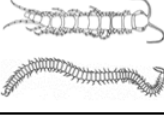
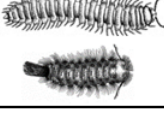
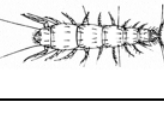
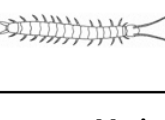
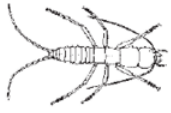

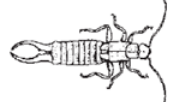

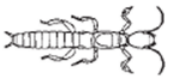




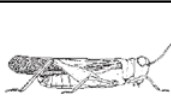




Classe Myriapoda			
Crédito das imagens: Minelli & Golovatch, (2013)			
Taxa	Imagem	Características	EMI
Chilopoda		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forceps.</li> <li>• Segmentos com 1 par de patas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 5mm: <b>10</b> patas desenvolvidas.</li> <li>• &lt; 5mm : <b>20</b> Geofilomorfos.</li> </ul>
Diplopoda		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 pares de patas juntas ventralmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 5mm: <b>10</b></li> <li>• &lt; 5mm: <b>20</b> Polixenida</li> </ul>
Pauropoda		<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 2 mm.</li> <li>• 11 pares de patas.</li> <li>• Antenas ramificadas.</li> </ul>	<b>20</b>
Symphyla		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas longas e segmentadas.</li> <li>• Cerci.</li> </ul>	<b>20</b>

Figura 43 - Tabela de classificação QBS-ar (i) para as classes: Arachnida, Crustacea, Myriapoda e grupo Entognatha. Adaptado de Parisi et al. (2005); Minelli & Golovatch (2013); Gullan & Cranston (2014); Menta et al. (2017), Gibb & Oseto (2019).

Classe Insecta			
Crédito das imagens: (Gullan & Cranston, 2014).			
Taxa	Imagem	Características	EMI
Blattaria		• Corpo achatado.	10
Coleoptera		• Élitros.	1 - 20
Dermaptera		• Cerci tipo forceps.	1
Diptera		• Halteres.	1
Embioptera		• Corpo alongado.	10
Hemiptera		• Estilete.	1
Hymenoptera		• Cintura fina	• Regular: 1 • Formigas: 5
Mycrocoryphia (Archaeognatha)		• Corpo alongado. • Estruturas terminais.	10
Isoptera		• Cerci curto.	10
Orthoptera		• Patas traseiras longas.	• Regular: 1 • Juvenis Grillidae: 20
Psocoptera		• Antenas longas.	1
Thysanoptera		• Cabeça retangular. • Asas franjadas.	1
Zygentoma		• Escamas prateadas. • 2 filamentos laterais como cerci.	10
Outros holometábolos		• Neuroptera • Mecoptera • Raphidioptera	1








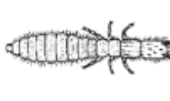
Larvas			
Crédito das imagens: Gullan & Cranston, (2014).			
Taxa	Imagem	Características	EMI
Larvae Coleoptera		• Cabeça esclerificada. • 3 pares de patas torácicas.	10
Larvae Diptera		• Cabeça pequena ou ausente.	10
Larvae Lepidoptera		• Pseudópodes a partir do 3º segmento abdominal.	10
Larvae Hymenoptera		• Pseudópodes a partir do 2º segmento abdominal. • ou ápodas.	10
Larvae Mecoptera		• Pseudópodes a partir do 1º segmento abdominal.	10
Larvae Neuroptera			10
Larvae Siphonaptera			10
Larvae Raphidioptera			10

Figura 44 - Tabela de classificação QBS-ar (ii) para as classes Insecta e larvas holometábolos. Adaptado de Foina et al. (2004); Parisi et al. (2005); Gullan & Cranston (2014); Menta et al. (2017).

O Quadro 17 refere as principais características a ter em conta, aquando da atribuição de índices EMI dentro da classe Collembola.

**Quadro 17 - Tabela de atribuição de Índices EMI para a classe Collembola**

	Tamanho	Pigmentação	Apêndices	Aparelho visual	Fúrcula	EMI
<b>Epigeos</b>	Largo (>2mm)	Complexa	Bem desenvolvidos	Bem desenvolvido	-	<b>1</b>
	Médio	Presente		Desenvolvido		<b>2</b>
	Pequeno	Modesta	Médios	Desenvolvido		<b>4</b>
<b>Hemi-Edáficos</b>	-	Presente / Cuticular	Curtos	Desenvolvido	-	<b>6</b>
				Escasso	Curta ou ausente	<b>8</b>
<b>Eu-Edáficos</b>	Reduzido	Ausente	Curtos	Reduzido ou ausente	Reduzida	<b>10</b>
				Pseudo	Ausente	<b>20</b>

O Quadro 18 refere as principais características a ter em conta, aquando da atribuição de índices EMI dentro da ordem Coleoptera.

**Quadro 18 - Tabela de atribuição de Índices EMI para a ordem Coleoptera**

	Condição	EMI (aditivo)
<b>Coleoptera</b>	Presença	1
	<2mm	+4
	Integumento fino	+5
	Coloração castanho-bronze	
	Redução ou ausencia de asas membranosas	+5
	Redução ou ausencia de estruturas visuais	+5

### 3.6 – Escalas de classificação QBS-ar

De forma a demonstrar os resultados em cada campo de ensaio, foi produzida uma escala visual (Fig. 45a), de forma a complementar os quadros convencionais onde constam os valores individuais de EMI e QBS-ar; com vista à apresentação e a uma leitura mais facilitada por parte dos *stakeholders*, como demonstrado no exemplo da Figura 45b.

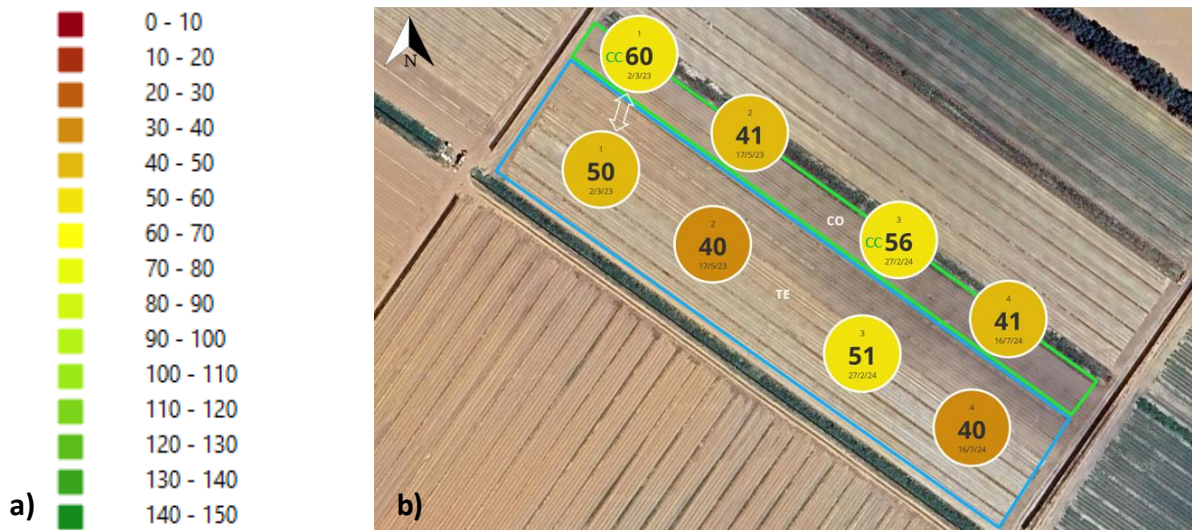


Figura 45 - (a) Escala visual colorimétrica; (b) exemplo de apresentação de resultados aos *stakeholders*.

### 3.7 – Análise estatística

Os dados relativos aos índices QBS-ar, foram tratados estatisticamente no software “IBM SPSS Statistics – v.29.0.2.0”. Com vista à comparação entre campos, tratamentos e/ou modalidades de ensaio, foram aplicados testes não paramétricos (Mann-Whitney U), para amostras independentes.

## 4 – Resultados e discussão

### 4.1 – Campos hortícolas

#### 4.1.1 – Campotec

A Figura 46 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “Campotec” e às suas modalidades em estudo.



Figura 46 - Resultados QBS-ar no campo “Campotec”.

O Quadro 19 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Campotec”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para os anos de 2023 e 2024.

Quadro 19 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Campotec”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).

	CAMPOTEC 2023				CAMPOTEC 2024			
	CC 02-03-2023		CP 17-05-2023		CC 27-02-2024		CP 16-07-2024	
	CO	TE	CO	TE	CO	TE	CO	TE
Acari	20	20	20	20	20	20	20	20
Collembola	20	20	20	20	20	20	20	20
Coleoptera					5			
Diptera			1		1	1		
Hemiptera							1	
Larvae - Coleoptera	10	10						
Larvae - Others	10				10	10		
<b>QBS-ar</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>56</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>40</b>

Neste é possível verificar que em todas as amostragens efetuadas, a modalidade onde foi instalada uma cultura de cobertura, obteve índices de qualidade biológica do solo superiores à modalidade de controlo. Verifica-se, no entanto, uma diferença mais pronunciada durante a presença das culturas de cobertura, o que é congruente com o verificado por Orgiazzi et al. (2016) e Koehler-Cole et al. (2020), relativamente à capacidade destas potenciarem as comunidades de organismos presentes no solo.

#### 4.1.2 – Chamusca

A Figura 47 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “Chamusca” e às suas modalidades em estudo.

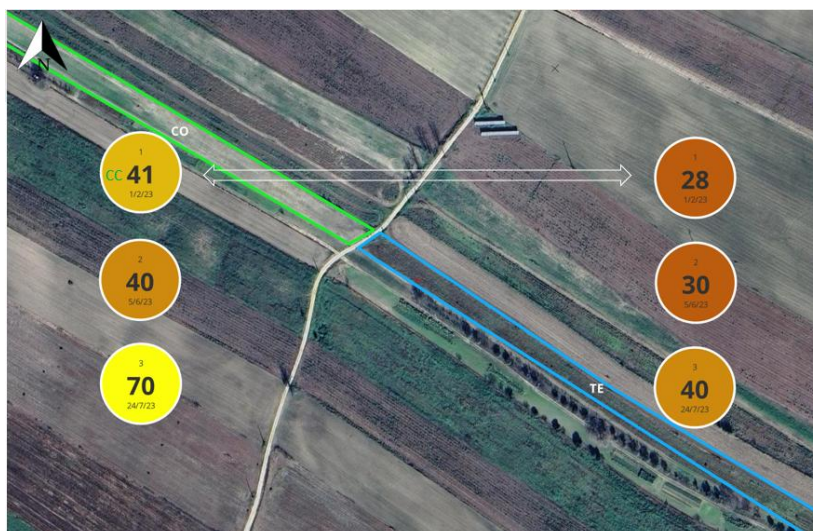


Figura 47 - Resultados QBS-ar no campo “Chamusca”.

O Quadro 20 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Chamusca”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para os anos de 2022 e 2023.

Quadro 20 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Chamusca”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).

	CHAMUSCA 2022						CHAMUSCA 2023					
	CC 16-02-2022		CP 17-06-2022		CP 27-07-2022		CC 01-02-2023		CP 05-06-2023		CP 24-07-2023	
	CO	TE	CO	TE	CO	TE	CO	TE	CO	TE	CO	TE
Acari	20	20	20	20	20		20	20	20	20	20	20
Araneae		5										
Collembola	10	2	10	4	10	10	10	8	20	10	20	20
Coleoptera	5				1							
Diptera			1	1	1	1	1					
Hemiptera		1				1						
Symphyla											20	
Larvae - Coleoptera	10		10									
Larvae - Diptera							10					
Larvae - Others					10	10					10	
<b>QBS-ar</b>	<b>45</b>	<b>28</b>	<b>41</b>	<b>25</b>	<b>42</b>	<b>22</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>40</b>

Neste é possível verificar que em todas as amostragens efetuadas, a modalidade onde foi instalada uma cultura de cobertura, obteve sempre índices de qualidade biológica do solo superiores à modalidade de controlo. Destaca-se também nas amostragens das modalidades CO: a presença exclusiva de espécimes da ordem Coleoptera; maiores adaptações morfológicas na ordem Collembola e a presença exclusiva de Symphyla, que segundo Rodríguez (1992) apenas se manifestam em ambientes pouco perturbados com melhores fatores de sobrevivência.

### 4.1.3 – Casal das Freiras

A Figura 48 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “Casal das Freiras” e às suas modalidades em estudo.



Figura 48 - Resultados QBS-ar no campo “Casal das Freiras”.

O Quadro 21 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Casal das Freiras”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para o ano de 2024.

Quadro 21 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Casal das Freiras”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).

	CF 2024					
	CC 20/2/2024		CP 12/6/2024		CP 4/7/2024	
	CO	TE	CO	TE	CO	TE
<b>Acari</b>	20	20	20	20	20	20
<b>Collembola</b>	20	20	20	20	20	20
<b>Chilopoda</b>			20			
<b>Coleoptera</b>	5				1	1
<b>Diptera</b>		1				
<b>Himenoptera</b>					5	
<b>Psocodea</b>					1	
<b>Larvae - Coleoptera</b>	10				10	
<b>QBS-ar</b>	<b>55</b>	<b>41</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>57</b>	<b>41</b>

Neste é possível verificar que em todas as amostragens efetuadas, a modalidade onde foi instalada uma cultura de cobertura, obteve sempre índices de qualidade biológica do solo superiores à modalidade de controlo; quer durante a presença da cultura de cobertura, quer durante a presença da cultura principal. Destaca-se ainda em amostragens da modalidade CO, a presença exclusiva de espécimes juvenis pertencentes à ordem Coleoptera, bem como espécimes pertencentes à ordem Chilopoda, o que pode potencialmente indicar, segundo Kicaj & Qirjo (2010), Klarner et al. (2017) e Menta & Remelli (2020), melhores condições de sobrevivência do solo.

#### 4.1.4 – Emergosol

A Figura 49 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “Emergosol” e às suas modalidades em estudo.

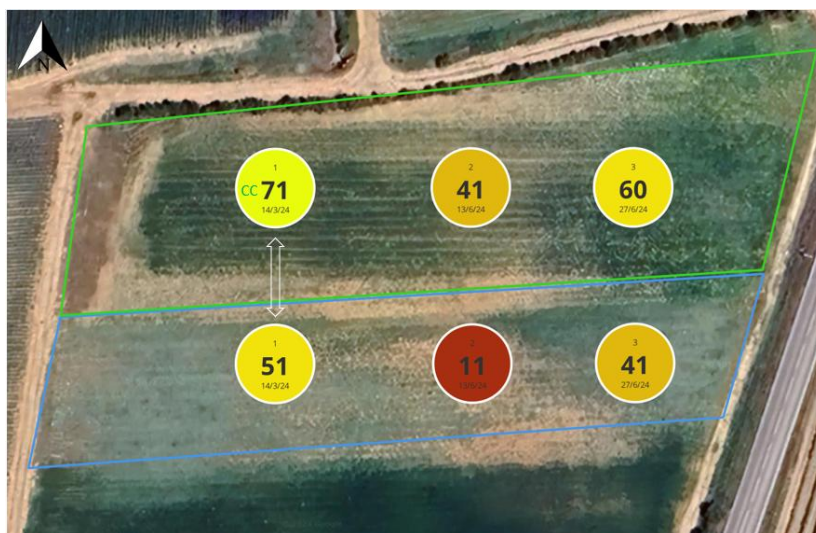


Figura 49 - Resultados QBS-ar no campo “Emergosol”.

O Quadro 22 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Emergosol”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para o ano de 2024.

Quadro 22 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Emergosol”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).

	EMERGOSOL 2024					
	CC 14-03-2024		CP 13-06-2024		CP 27-06-2024	
	CO	TE	CO	TE	CO	TE
Acari	20	20	20		20	
Collembola	20	20	20	10	20	10
Coleoptera			1			1
Chilopoda						20
Diptera	1	1		1		
Symphyla	20					
Larvae - Coleoptera						10
Larvae - Others	10	10			20	
<b>QBS-ar</b>	<b>71</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>11</b>	<b>60</b>	<b>41</b>

Neste é possível verificar que em todas as amostragens efetuadas, a modalidade onde foi instalada uma cultura de cobertura, obteve sempre índices de qualidade biológica do solo superiores à modalidade de controlo. Durante a cultura de cobertura, verifica-se na modalidade CO a presença exclusiva de Symphyla. Durante a cultura principal, na modalidade CO, verificam-se adaptações morfológicas superiores de Collembola; enquanto na modalidade TE se verifica uma ausência atípica de Acari, uma vez que segundo Jeffery et al. (2010) e Orgiazzi et al. (2016) estes se encontram usualmente em todos os substratos do solo, sendo numerosos quando existe disponibilidade de matéria orgânica e alimento disponível. A sua ausência, poderá desta forma potencialmente indicar, uma condição inóspita do solo relativamente a estes fatores.

#### 4.1.5 – São João de Brito

A Figura 50 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “São João de Brito” e às suas modalidades em estudo.

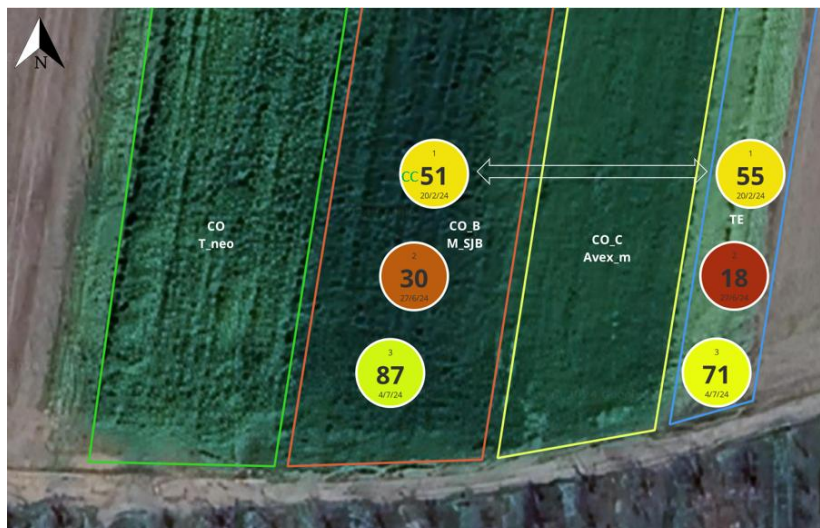


Figura 50 - Resultados QBS-ar no campo “São João de Brito”.

O Quadro 23 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “São João de Brito”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para o ano de 2024.

Quadro 23 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “S. João de Brito”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).

	SJB 2024					
	CC 20/02/2024		CP 27/06/2024		CP 04/07/2024	
	CO	TE	CO	TE	CO	TE
Acari	20	20	20		20	20
Collembola	10	10	10	8	20	10
Coleoptera		5			15	1
Diptera	1				1	
Hemiptera					1	
Protura					20	20
Symphyla						20
Larvae - Coleoptera		10			10	
Larvae - Diptera	10	10				
Larvae - Others	10			10		
<b>QBS-ar</b>	<b>51</b>	<b>55</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>87</b>	<b>71</b>

Neste é possível verificar que embora durante o período de presença da cultura de cobertura a modalidade TE (Fig. 33b) tenha obtido um índice QBS-ar ligeiramente superior à modalidade CO; durante a presença da cultura principal se tenha verificado o inverso. Verifica-se ainda em amostragens na modalidade CO, uma maior adaptação morfológica de espécimes das ordens Collembola e Coleoptera. Na amostragem de 04/07, verifica-se a presença exclusiva de Symphyla na modalidade TE, embora o seu índice QBS-ar se mantenha inferior a CO.

#### 4.1.6 – TEF

A Figura 51 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “TEF” e às suas modalidades em estudo.



Figura 51 - Resultados QBS-ar no campo “TEF”.

O Quadro 24 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “TEF”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para o ano de 2024.

**Quadro 24 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “TEF”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).**

	TEF 2024					
	CC 08-03-2024		CP 26-06-2024		CP 25-07-2024	
	CO	TE	CO	TE	CO	TE
Acari	20	20	20	20	20	20
Coleoptera					1	1
Collembola	20	20	10	20	20	10
Diptera	1	1	1			1
Hemiptera						1
Paupoda	20					
Symphyla					20	
Tysanoptera		1				
Larvae - Diptera			10			
Larvae - Coleoptera		10			10	10
Larvae - Others		10	10			10
<b>QBS-ar</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>71</b>	<b>53</b>

Neste é possível verificar que embora durante a presença da cultura de cobertura, a modalidade CO tenha obtido um índice QBS-ar ligeiramente inferior ao da modalidade TE; a primeira manifestou a presença de Paupoda, sendo este um grupo de ocorrência irregular (Jeffery et al., 2010; Scheller & Minor, 2010) e bastante sensível a distúrbios do solo (Bedano et al., 2006). Da mesma forma verifica-se em CO, durante a amostragem de 25/07, a presença exclusiva de Symphyla, sendo este um grupo de alta sensibilidade às condições do solo (Rodríguez, 1992). A presença destes grupos, poderá potencialmente evidenciar vantagens na utilização de misturas biodiversas no itinerário técnico das culturas.

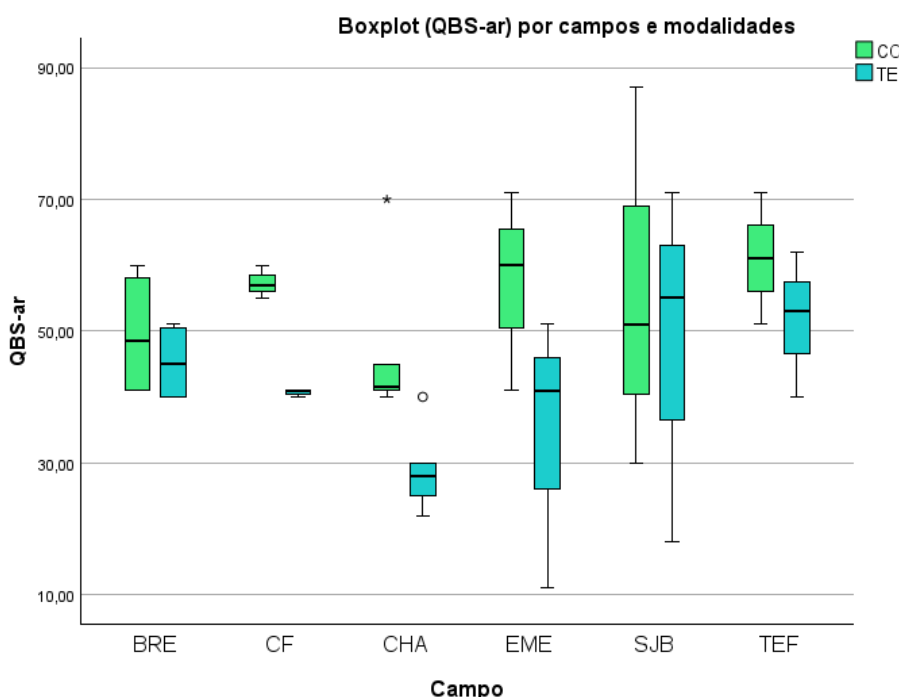
#### 4.1.7 – Análise estatística dos campos hortícolas

O Quadro 25, representa o sumário dos índices QBS-ar finais obtidos por campo, por data de amostragem, e por modalidades de ensaio, nos campos hortícolas.

**Quadro 25 - Resumo dos índices QBS-ar nos campos hortícolas, obtidos por campo, data de amostragem e modalidades de ensaio.**

Case Summaries				CO	TE	
Campo	BRE	Data	2-3-23	1	60,00	50,00
			17-5-23	1	41,00	40,00
			27-2-24	1	56,00	51,00
			16-7-24	1	41,00	40,00
CF	Data	20-2-24	1	55,00	41,00	
		12-6-24	1	60,00	40,00	
		4-7-24	1	57,00	41,00	
CHA	Data	1-2-23	1	41,00	28,00	
		16-2-22	1	45,00	28,00	
		17-6-22	1	41,00	25,00	
		24-7-23	1	70,00	40,00	
		27-7-22	1	42,00	22,00	
EME	Data	5-6-23	1	40,00	30,00	
		14-3-24	1	71,00	51,00	
		13-6-24	1	41,00	11,00	
SJB	Data	27-6-24	1	60,00	41,00	
		20-2-24	1	51,00	55,00	
		27-6-24	1	30,00	18,00	
TEF	Data	4-7-24	1	87,00	71,00	
		8-3-24	1	61,00	62,00	
		26-6-24	1	51,00	40,00	
			25-7-24	1	71,00	53,00

A Figura 52 demonstra os *boxplot's*, onde para cada campo e modalidade de ensaio, estão representados os valores máximos e mínimos, os primeiros e terceiros quartis, bem como as medianas correspondentes; sendo possível verificar valores QBS-ar superiores nas parcelas onde foram instaladas culturas de cobertura (CO), relativamente às modalidades de controlo (TE).



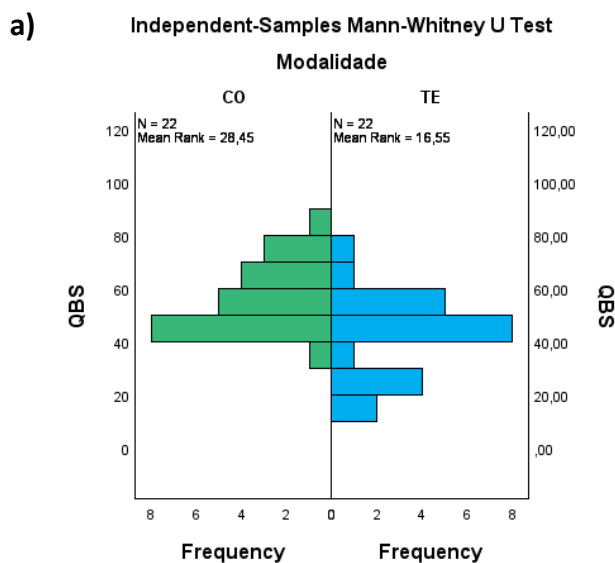
**Figura 52 – Gráfico Boxplot dos campos hortícolas, relativo aos valores máximos e mínimos, quartis e medianas dos índices QBS-ar, por campos e modalidade de ensaio.**

O Quadro 26, apresenta a análise comparativa dos valores (N, mínimo, máximo, média e desvio padrão) referentes às modalidades CO (Consociação) e TE (Testemunha). Nestes é possível verificar que as parcelas onde foram instaladas culturas de cobertura, obtiveram uma média, bem como um valor máximo superior, relativamente às modalidades testemunha, onde se pode verificar uma média, bem como um valor mínimo inferior de qualidade do solo (QBS-ar).

**Quadro 26 - Estatística dos campos hortícolas, relativa aos valores máximos, mínimos, médias e desvios padrão das modalidades Consociação (CO) e Testemunha (TE).**

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
CO	22	30,00	87,00	53,2727	13,70152
TE	22	11,00	71,00	39,9091	14,55011
Valid N (listwise)	22				

A análise não paramétrica, através do teste Mann-Whitney U, demonstra a distribuição das frequências dos valores QBS-ar, nas modalidades CO e TE (Fig. 53a).



**Hypothesis Test Summary**

	Null Hypothesis	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Decision
b)	1 The distribution of QBS is the same across categories of Modalidade.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,002	Reject the null hypothesis.

a. The significance level is ,050.

b. Asymptotic significance is displayed.

**Figura 53 - Teste não paramétrico Mann-Whitney U, para os campos hortícolas. (a) Distribuição de frequências de valores QBS-ar entre as modalidades Consociação (CO) e Testemunha (TE). (b) Formulação das Hipóteses e *p-value*.**

Os resultados obtidos evidenciam uma diferença estatística significativa ( $p = 0,002$ ) (Fig. 53b), com valores mais elevados de QBS-ar, nas parcelas onde foram implementadas culturas de cobertura, comparativamente às modalidades de controlo. Estes resultados são congruentes com estudos realizados por Gardi et al. (2003), Tabaglio et al. (2009), Menta et al. (2010), Sapkota et al. (2012) e Menta et al. (2017), que demonstram a mesma tendência, onde a implementação de práticas conservativas como culturas de cobertura, contribuíram para o incremento da qualidade biológica do solo.

## 4.2 – Campos Frutícolas

### 4.2.1 – Cadaval

A Figura 54 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “Cadaval” e à sua modalidade em estudo.

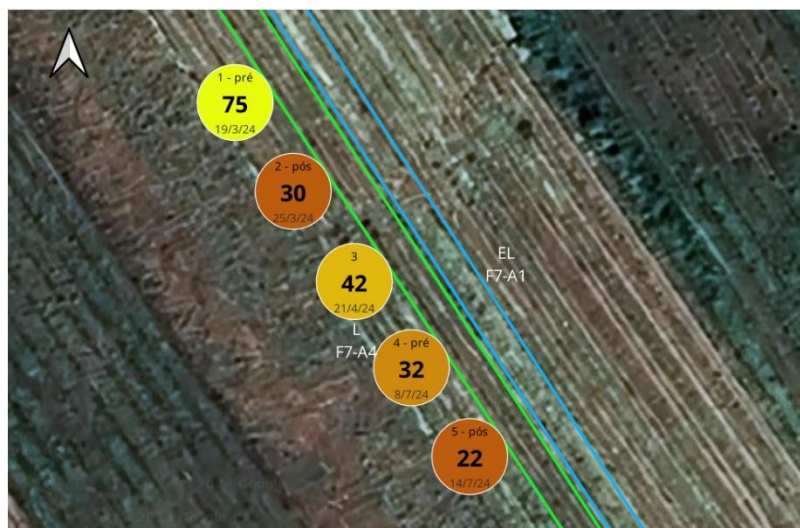


Figura 54 - Resultados QBS-ar no campo “Cadaval”.

O Quadro 27 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Cadaval”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para o ano de 2024.

Quadro 27 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Cadaval”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (L - Linha). (Pré\_H – pré herbicida; Pós\_H – pós herbicida).

	F7 - CADAVAL 2024				
	19/03/2024	25/3/2024 -	21/04/2024	08/07/2024	14/07/2024
	Pré_H	Pós_H		Pré_H	Pós_H
	A4	A4	A4	A4	A4
Acari	20	20	20	20	20
Collembola	20	10	10	10	
Coleoptera				1	
Diptera			1	1	
Hemiptera					1
Himenoptera	5				
Psocodea			1		
Thysanoptera					1
Larvae - Coleoptera	10				
Larvae - Diptera			10		
Larvae - Others	20				
<b>QBS-ar</b>	<b>75</b>	<b>30</b>	<b>42</b>	<b>32</b>	<b>22</b>

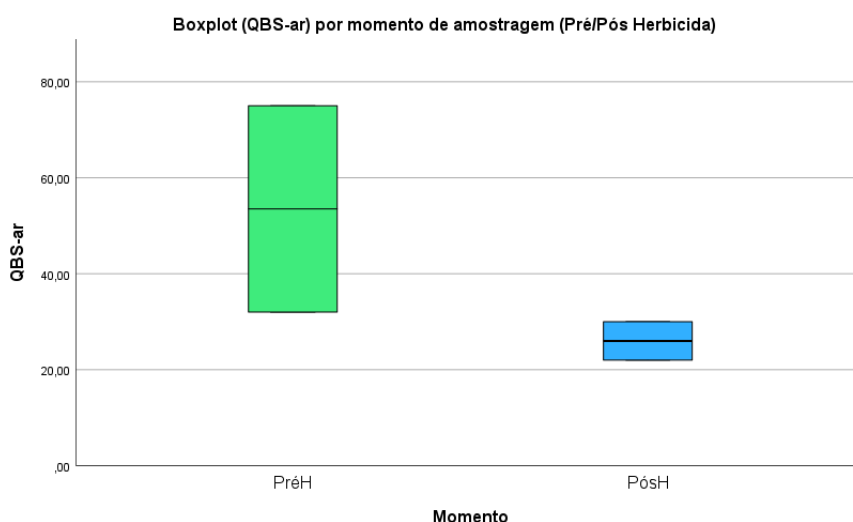
Neste é possível verificar que se obtiveram índices QBS-ar superiores nos períodos de amostragem pré-herbicida, relativamente aos períodos pós-herbicida; sendo também notada uma recuperação no período intermédio de 21/4. A redução do índice entre 21/4 e 08/07, poderá estar eventualmente relacionada com a migração e estivação dos microartrópodes do solo no período quente, conforme relatado por Menta et al. (2017).

O Quadro 28, representa o sumário dos índices QBS-ar finais obtidos por modalidades de ensaio no campo “Cadaval”.

**Quadro 28 - Resumo dos índices QBS-ar no campo “Cadaval”, por modalidades de ensaio.**

			QBS
Momento	PósH	1	30,00
		2	22,00
	PréH	1	75,00
		2	32,00

A Figura 55 demonstra os *boxplot's*, onde para cada modalidade de ensaio, estão representados os valores máximos e mínimos, bem como as medianas correspondentes, onde é possível verificar índices QBS-ar superiores nos momentos pré-herbicida (PréH), relativamente aos momentos pós-herbicida (PósH).



**Figura 55 - Gráfico Boxplot do campo “Cadaval”, relativo aos valores máximos, mínimos e medianas dos índices QBS-ar, para os momentos Pré/Pós Herbicida.**

O Quadro 29, apresenta a análise comparativa dos valores (N, mínimo, máximo, média e desvio padrão) referentes às modalidades de ensaio no campo “Cadaval”. Neste é possível verificar que os momentos pré-herbicida (Pré\_H) obtiveram uma média, bem como um valor máximo superior, relativamente aos momentos pós-herbicida (Pós\_H) onde se verifica uma média, bem como um valor mínimo inferior de qualidade do solo (QBS-ar).

**Quadro 29 - Estatística do campo “Cadaval”, relativa aos valores máximos, mínimos, médias e desvio padrão dos momentos pré-herbicida (Pré\_H) e pós-herbicida (Pós\_H).**

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pré_H	2	32,00	75,00	53,5000	30,40559
Pós_H	2	22,00	30,00	26,0000	5,65685
Valid N (listwise)	2				

Devido ao número de amostragens neste campo ser reduzida, não foram efetuados testes não paramétricos para comparação de distribuições. No entanto, os resultados evidenciam uma diferença de QBS-ar, com vantagem nos momentos pré-herbicida relativamente aos momentos de amostragem pós-herbicida.

Estes resultados são congruentes com o mencionado por Rose et al. (2016), que refere a potencialidade do uso de herbicidas ter efeitos perturbadores na ecologia dos organismos e consequentemente nas funções do solo. Relativamente ao mencionado por Imfeld & Vuilleumier (2012), no sentido de não existirem estruturas adequadas para a avaliação de rotina dos efeitos dos pesticidas nas comunidades e funções microbianas do solo, poder-se-á potencialmente testar a utilização da metodologia QBS-ar para tentar validar a sua eficácia a este respeito.

### 4.2.3 – Quinta Nova

A Figura 56 demonstra os resultados QBS-ar de forma gráfica, relativos ao campo de ensaio “Quinta Nova” e às suas modalidades em estudo.

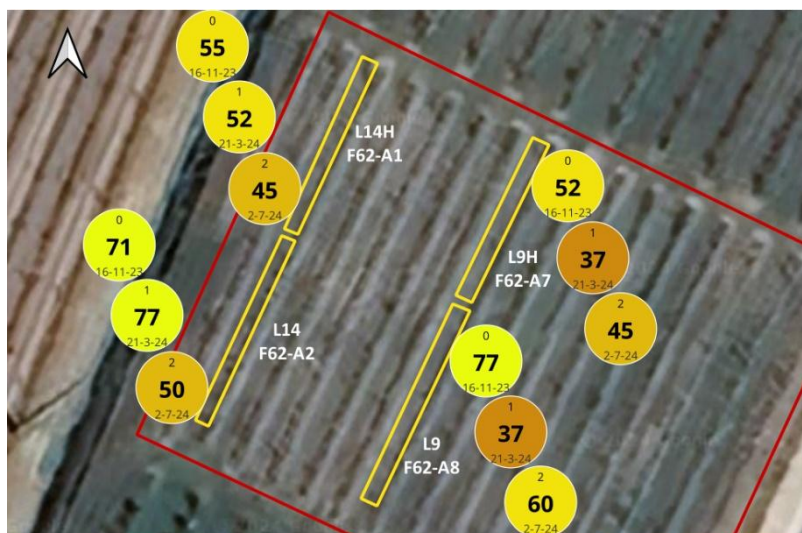


Figura 56 Resultados QBS-ar no campo “Quinta Nova”.

O Quadro 30 indica os índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Quinta Nova”, para cada período de amostragem e modalidade em estudo, para os anos de 2023 e 2024.

Quadro 30 - índices EMI e QBS-ar do campo de ensaio “Quinta Nova”, para cada período de amostragem e modalidade de ensaio (CO - Consociação; TE - Testemunha). (CC - durante a cultura de cobertura; CP - durante a cultura principal).

	F62 - QUINTA NOVA 2023				F62 - QUINTA NOVA (BIOFERT) 2024							
	16/11/2023				21/03/24				02/07/2024			
	A1	A2	A7	A8	A1	A2	A7	A8	A1	A2	A7	A8
Acari	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Araneae				5								
Chilopoda		10		10								
Collembola	20	20	20	20	20	20	10	6	20	20	20	20
Coleoptera				10					5			
Diptera		1	1	1	1	1	1	1				
Hemiptera				1								
Himenoptera	5					5	5				5	
Isopoda	10	10		10	10	10				10		
Psocodea					1	1	1					
Symphyla							20					
Tysanoptera			1									
Larvae - Coleoptera		10										
Larvae - Diptera								10				10
Larvae - Others			10									10
<b>QBS-ar</b>	<b>55</b>	<b>71</b>	<b>52</b>	<b>77</b>	<b>52</b>	<b>77</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>45</b>	<b>60</b>

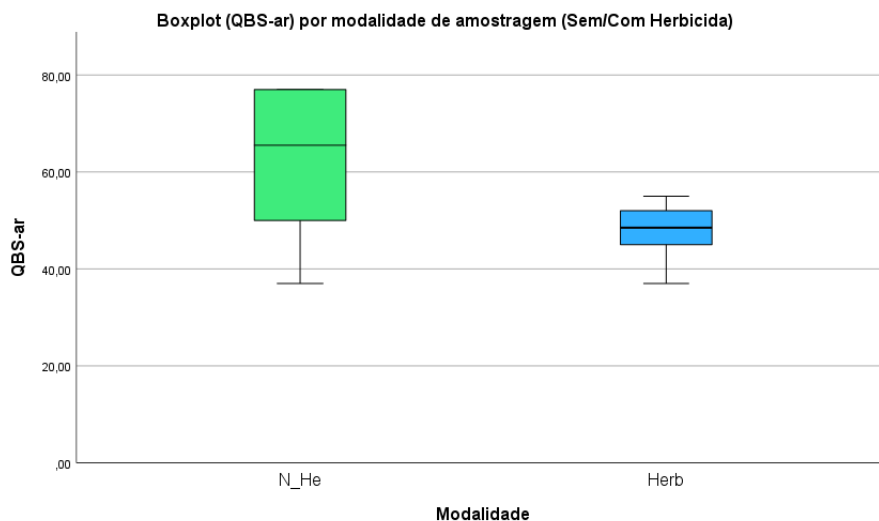
Neste é possível verificar que as amostragens efetuadas nas modalidades onde se a realizou o corte mecânico de infestantes, demonstrou índices QBS-ar superiores, relativamente às modalidades onde se a realizou monda química com herbicida; o que se demonstra congruente com o referido por (Tsiafouli et al., 2015), (Menta et al., 2017), no sentido de práticas de alto *input* químico provocarem uma redução no fator biodiversidade do solo.

O Quadro 31, representa o sumário dos índices QBS-ar finais obtidos por campo, por data de amostragem, e por modalidades de ensaio no campo “Quinta Nova”.

**Quadro 31 - Resumo dos índices QBS-ar no campo “Quinta Nova”.**

Case Summaries				QBS	
Modalidade	Herb	Data			
		16-11-23	1	55,00	
			2	52,00	
		21-03-24	1	52,00	
			2	37,00	
		02-07-24	1	45,00	
			2	45,00	
N_He	Data	02-07-24	1	50,00	
			2	60,00	
		16-11-23	1	71,00	
			2	77,00	
		21-03-24	1	77,00	
			2	37,00	

A Figura 57 demonstra os *boxplot's*, onde para cada modalidade de ensaio estão representados os valores máximos e mínimos, os primeiros e terceiros quartis, bem como as medianas correspondentes, onde é possível verificar índices QBS-ar superiores nas parcelas onde se realizou o corte mecânico de infestantes, relativamente às modalidades onde se realizou monda química com herbicida.



**Figura 57 - Gráfico Boxplot do campo “Quinta Nova”, relativo aos valores máximos, mínimos e medianas dos índices QBS-ar, para as modalidades Não-Herbicida/Herbicida.**

O Quadro 32, apresenta a análise comparativa dos valores (N, mínimo, máximo, média e desvio padrão) referentes às modalidades em estudo. Neste é possível verificar que as parcelas onde se realizou corte mecânico, obtiveram uma média, bem como um valor máximo superior de qualidade do solo (QBS-ar), relativamente às parcelas onde se aplicou herbicida.

**Quadro 32 - Estatística do campo “Quinta Nova”, relativa aos valores máximos, mínimos, médias e desvio padrão dos momentos não-herbicida (N\_Herb) e herbicida (Herb).**

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
N_Herb	6	37,00	77,00	62,0000	16,14930
Herb	6	37,00	55,00	47,6667	6,62319
Valid N (listwise)	6				

Devido ao número de amostragens neste campo ser reduzida, não foram efetuados testes não paramétricos para comparação de distribuições. No entanto, os resultados evidenciam uma diferença de QBS-ar, com vantagem nas parcelas onde foi realizado corte mecânico, relativamente às parcelas onde foi efetuada monda por herbicida.

Estes resultados demonstram-se congruentes com Rose et al. (2016), que refere a potencialidade do uso de herbicidas ter efeitos perturbadores na ecologia dos organismos do solo. Relativamente ao mencionado por Pimentel et al. (1995) e Six et al. (1999), no que se refere aos potenciais efeitos secundários derivados das práticas mecânicas no solo, como a erosão e perda de matéria orgânica; serão necessários estudos adicionais para avaliar estes impactos nos campos em estudo.

## 5 - Conclusões

Os indicadores são ferramentas essenciais para destacar mudanças em sistemas complexos, de forma a expressar critérios de qualidade a serem usados como referências ambientais; bem como para avaliar e monitorizar a qualidade dos solos sujeitos a risco de degradação e como as suas funções estão a ser preservadas para o futuro.

Tradicionalmente, as abordagens para a avaliação da qualidade do solo têm-se baseado no uso de indicadores físicos e químicos, no entanto, a monitorização de indicadores biológicos torna-se necessária para avaliar corretamente a degradação do solo e os impactos no ecossistema. Neste estudo, o índice biológico QBS-ar, demonstrou-se eficaz na identificação das variações decorrentes da aplicação de diferentes práticas culturais, assim como nos impactos nos diferentes taxa; o que possibilitou uma interpretação expandida sobre os possíveis efeitos nos agroecossistemas em estudo.

No caso dos campos hortícolas, onde foi analisada a implementação de culturas de cobertura; foi possível verificar não só maiores índices biológicos do solo potenciados pelas mesmas, como também a presença em vários casos, de organismos sensíveis às práticas de degradação antropogénicas, indicadores de uma boa estabilidade do solo.

No caso dos campos frutícolas, verificou-se um impacto negativo na fauna do solo, causado pela aplicação de herbicidas, sugerindo que práticas alternativas como o corte mecânico podem causar um menor impacto na biologia do solo. No entanto, importa destacar que devido à enorme diversidade dos produtos aplicados, bem como das comunidades do solo, serão necessários estudos mais aprofundados para tirar conclusões sonoras relacionadas com estes aspetos. Não obstante, o índice QBS-ar demonstrou-se sensível a estas práticas, demonstrando-se desta forma uma potencial ferramenta de análise.

Em adição, o índice demonstrou potencial para ser utilizado de uma forma gráfica e simplificada, para comunicação aos diversos *stakeholders*, o que se demonstra uma enorme mais-valia relativamente à comunicação científica tradicional, no sentido de ampliar a consciência dos gestores das terras e do público em geral para as questões relacionadas com a qualidade biológica dos solos.

## 6 - Referências Bibliográficas

- Arbea, J., & Blasco, J. (2001). Ecología de los colémbolos (hexápoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). *Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa*, 28, 35–48.
- Avillez, F. (2005). *A Agricultura Portuguesa*. Ensaios da Fundação: Fundação Francisco Manuel dos Santos.  
[https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=rtokDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA14&ots=luw7YNprKh&sig=wCR-nBp4BAVX9OvLmrBOq43VfG0&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=rtokDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA14&ots=luw7YNprKh&sig=wCR-nBp4BAVX9OvLmrBOq43VfG0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Batista, M. (2016). Caracterização e Evolução do Sector Frutícola em Portugal. *Espaço Rural*, Vol. 112, 12–15.
- Bedano, J. C., Cantú, M. P., & Doucet, M. E. (2006). Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of Soil Biology*, 42(2), 107–119. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2005.11.004>
- Beutel, R. G., Friedrich, F., Yang, X.-K., & Ge, S.-Q. (2013). Insect Morphology and Phylogeny. *De Gruyter, Berlin*. <https://doi.org/10.1515/9783110264043>
- Boller, E., Häni, F., & Poehling, H. (2004). Ecological infrastructures : ideabook on functional biodiversity at the farm level. *Lindau by LBL*, 212.
- Bünemann, E. K., Schwenke, G. D., & Van Zwieten, L. (2006). Impact of agricultural inputs on soil organisms - A review. *Australian Journal of Soil Research*, 44(4), 379–406.  
<https://doi.org/10.1071/SR05125>
- Çakır, M. (2019). The negative effect of wood ants (*Formica rufa*) on microarthropod density and soil biological quality in a semi-arid pine forest. *Pedobiologia*, 77, 150593.  
<https://doi.org/10.1016/J.PEDOBI.2019.150593>
- Calha, M., & Portugal, J. (2014). *Plantas da flora do olival hospedeiras de artrópodes auxiliares. Identificação de leituga-branca (Chondrilla juncea L.). Folheto de divulgação. INIAV, Oeiras*.
- Calha, M., Portugal, J., Gonzalez-Torralva, F., Roldan, R., & De Prado, R. (2013). Distribution and characterization of glyphosate resistance in perennial crops in Portugal. *20th Symposium EWRS, Samsun, Turkey*, 631.
- Campos, L., Franco, J. C., Monteiro, A., & Lopes, C. (2006). Influência do enrelvamento na abundância de artrópodes associados a uma vinha da Estremadura. *Ciência Téc. Vitiv*, 21(1), 33–46. <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/999>
- Carvalho, M., & Serralheiro, R. (2021). *A sustentabilidade dos sistemas de agricultura no Alentejo: os desafios económicos e ambientais*.  
<https://naturaemuseubiodiv.wordpress.com/2021/07/08/a-sustentabilidade-dos-sistemas-de-agricultura-no-alentejo-os-desafios-economicos-e-ambientais/>
- Chernova, N. M., & Kuznetsova, N. A. (2000). Collembolan community organization and its temporal predictability. *Pedobiologia*, 44(3–4), 451–466. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70063-3](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70063-3)

- Coleman, D. C. ., Crossley, D. A. ., & Hendrix, P. F. . (2004). *Fundamentals of soil ecology*. Elsevier Academic Press.
- Culliney, T. W. (2013). Role of Arthropods in Maintaining Soil Fertility. *Agriculture 2013, Vol. 3, Pages 629-659*, 3(4), 629–659. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE3040629>
- Dabney, S. M., Delgado, J. A., & Reeves, D. W. (2001). Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7–8), 1221–1250. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104110>
- Detsis, V. (2000). Vertical distribution of Collembola in deciduous forests under Mediterranean climatic conditions. *Belgian Journal of Zoology*, 130, 55–59. [https://www.academia.edu/download/67243426/Vertical\\_distribution\\_of\\_Collembola\\_in\\_d20210506-11489-1t058pg.pdf](https://www.academia.edu/download/67243426/Vertical_distribution_of_Collembola_in_d20210506-11489-1t058pg.pdf)
- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- DRAP. (2024). *Horticultura*. <https://agricultura.gov.pt/pt/horticultura>
- EC. (2010). *European Commission DG ENV - Soil Biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Final report*. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers15-07/010054819.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-07/010054819.pdf)
- EC. (2024a). *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law)*.
- EC. (2024b). *Sinopse: Portugal - Plano estratégico da PAC*. [https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/portugal\\_pt](https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/portugal_pt)
- Edde, P. A. (2022). Arthropod pests of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Field Crop Arthropod Pests of Economic Importance*, 862–913. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818621-3.00015-X>
- Eisenbeis, G. (2005). Biology of Soil Invertebrates. *Intestinal Microorganisms of Termites and Other Invertebrates*, 3–53. [https://doi.org/10.1007/3-540-28185-1\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-28185-1_1)
- Fareleira, P., Castro, I. V. e, Soares, R., Matos, S., Almeida, L., Barradas, A., & Nunes, A. P. (2023). Culturas de cobertura para a melhoria das propriedades microbiológicas do solo em sistemas de produção hortícola intensiva. *Revista de Ciências Agrárias*, 45(4), 482–486. <https://doi.org/10.19084/rca.28573>
- FE. (2020). *Fauna Europaea*. <https://fauna-eu.org>
- Firbank, L. G., Bertora, C., Blankman, D., Delle Vedove, G., Frenzel, M., Grignani, C., Groner, E., Kertész, M., Krab, E. J., Matteucci, G., Menta, C., Mueller, C. W., Stadler, J., & Kunin, W. E. (2017). Towards the co-ordination of terrestrial ecosystem protocols across European research infrastructures. *Ecology and Evolution*, 7(11), 3967–3975. <https://doi.org/10.1002/ECE3.2997>
- FNOP. (2020). *Impacto das alterações climáticas na cultura do tomate de industria*.

- Foina, R., Monti, M., Calza, D., & Ferrari, M. (2004). *Microartropodi del terreno: manuale da campo per il riconoscimento dei microartropodi del terreno come indicatori della qualità biologica del suolo (metodo QBS-ar)* (Lella, Ed.; Field notebook no. 4).
- Galli, L., Capurro, M., Menta, C., & Rellini, I. (2014). Is the QBS-ar index a good tool to detect the soil quality in Mediterranean areas? A cork tree *Quercus suber* L. (Fagaceae) wood as a case of study. *Italian Journal of Zoology*, *81*(1), 126–135.  
<https://doi.org/10.1080/11250003.2013.875601>
- Gardi, C., Jacomini, C., Menta, C., & Parisi, V. (2003). Evaluation of land use and crop management impacts on soil quality: application of QBS methods. *Convegno Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis Nel 25-28*, 531–540.  
[https://www.researchgate.net/publication/260869328\\_Evaluation\\_of\\_land\\_use\\_and\\_crop\\_management\\_impacts\\_on\\_soil\\_quality\\_application\\_of\\_QBS\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/260869328_Evaluation_of_land_use_and_crop_management_impacts_on_soil_quality_application_of_QBS_methods)
- Gardi, C., Menta, C., & Parisi, V. (2001). Use of microarthropods as biological indicators of soil quality: the BSQ synthetic indicator. *International Meeting on: Soils with Mediterranean Type of Climate*, 297–304.
- Gibb, T. J., & Oseto, C. (2019). *Insect collection and identification: Techniques for the field and laboratory*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00136-X>
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2014). *The insects : an outline of entomology* (5th ed.). Wiley-blackwell.
- Harvey, M. S. (2011). *Pseudoscorpions of the world, version 2.0*. Western Australian Museum, Perth. <https://museum.wa.gov.au/catalogues/pseudoscorpions>
- Harvey, M. S., Keirans, J. E., Krantz, G. W., Lindquist, E. E., Norton, R. A., OConnor, B. M., Smith, I. M., Walter with G W Krantz, D. E., & Walter, D. E. (2009). A Manual of Acarology. 3rd ed. Texas Tech University Press, Lubbock. In *Soil Organisms* (Vol. 81, Issue 1).
- Hopkin, S. P. (1997). *Biology of the springtails (Insecta, Collembola)*. Oxford University Press.
- Hopkin, S. P., & Read, H. J. (1992). *The biology of millipedes*. 233.  
<https://global.oup.com/academic/product/the-biology-of-millipedes-9780198576990>
- Imfeld, G., & Vuilleumier, S. (2012). Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *European Journal of Soil Biology*, *49*, 22–30.  
<https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2011.11.010>
- IOBC. (2004). *Integrated Production Principles and Technical Guidelines*. 27(2).
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke, J., & Putten, W. H. van der. (2010). European Atlas of Soil Biodiversity. In *Chart* (Issue 2).  
<https://doi.org/10.2788/94222>
- Jerez-Valle, C., García, P. A., Campos, M., & Pascual, F. (2014). A simple bioindication method to discriminate olive orchard management types using the soil arthropod fauna. *Applied Soil Ecology*, *76*, 42–51. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2013.12.007>

- Karlen, D. L., Kovar, J. L., Cambardella, C. A., & Colvin, T. S. (2013). Thirty-year tillage effects on crop yield and soil fertility indicators. *Soil and Tillage Research*, 130, 24–41. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2013.02.003>
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4–10. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ1997.03615995006100010001X>
- Kicaj, H., & Qirjo, M. (2010). The influence of ecological factors like rainfall, temperature, moisture for evaluating the millipede population in the southern region of Albania. *Conference of Water Observation and Information System for Decision Support BALWOIS*, 96.
- Klarner, B., Winkelmann, H., Krashevskaya, V., Maraun, M., Widyastuti, R., & Scheu, S. (2017). Trophic niches, diversity and community composition of invertebrate top predators (Chilopoda) as affected by conversion of tropical lowland rainforest in Sumatra (Indonesia). *PLOS ONE*, 12(8), e0180915. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0180915>
- Koehler-Cole, K., Elmore, R. W., Blanco-Canqui, H., Francis, C. A., Shapiro, C. A., Proctor, C. A., Ruis, S. J., Heeren, D. M., Irmak, S., & Ferguson, R. B. (2020). Cover crop productivity and subsequent soybean yield in the western Corn Belt. *Agronomy Journal*, 112(4), 2649–2663. <https://doi.org/10.1002/AGJ2.20232>
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., & Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(SUPPL. 1), S3–S15. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2006.10.002>
- Lensing, J. R., & Wise, D. H. (2006). Predicted climate change alters the indirect effect of predators on an ecosystem process. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(42), 15502–15505. [https://doi.org/10.1073/PNAS.0607064103/SUPPL\\_FILE/07064FIG7.PDF](https://doi.org/10.1073/PNAS.0607064103/SUPPL_FILE/07064FIG7.PDF)
- Lewis, J. G. E. (1981). The Biology of Centipedes. *The Biology of Centipedes*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511565649>
- Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Murphy, P., Paracchini, M. L., Barredo, J. I., Grizzetti, B., & Cardoso, A. (2014). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services : Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*. February, 81. <https://doi.org/10.2779/75203>
- Marc, P., Canard, A., & Ysnel, F. (1999). Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 229–273. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00038-9)
- Martinho, V. J. P. D. (2017). Insights from over 30 years of common agricultural policy in Portugal. *Outlook on Agriculture*, 46(3), 223–229. <https://doi.org/10.1177/0030727017729896>
- Martins, M. (2020). *COTHN - Sinopse do Projeto Hortinf*. <https://www.cothn.pt/projects/404>

- Menta, C., Conti, F. D., & Pinto, S. (2017). Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils—QBS-ar approach. *Applied Soil Ecology*, *123*, 740–743. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2017.05.020>
- Menta, C., Conti, F. D., Pinto, S., & Bodini, A. (2018). Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. *Ecological Indicators*, *85*, 773–780. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2017.11.030>
- Menta, C., Leoni, A., Tarasconi, K., & Affanni, P. (2010). Does compost use affect microarthropod soil communities? *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, *19*(10A), 2303–2311. <https://air.unipr.it/handle/11381/2330403>
- Menta, C., & Remelli, S. (2020). Soil Health and Arthropods: From Complex System to Worthwhile Investigation. *Insects*, *11*(1). <https://doi.org/10.3390/INSECTS11010054>
- Menta, C., Tagliapietra, A., Caoduro, G., Zanetti, A., & Pinto, S. (2015). Ibs-Bf and Qbs-Ar comparison: Two quantitative indices based on soil fauna community. *EC Agriculture*, *2*(5), 427–439. [https://www.academia.edu/download/61244364/IBS-QBS\\_E\\_Cronicon20191117-3711-1u2ngjj.pdf](https://www.academia.edu/download/61244364/IBS-QBS_E_Cronicon20191117-3711-1u2ngjj.pdf)
- Minelli, A., & Golovatch, S. I. (2013). Myriapods. *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 421–432. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00208-2>
- Moritz, L., & Wesener, T. (2018). *Symphylella patrickmuelleri* sp. nov. (Myriapoda: Symphyla): The oldest known Symphyla and first fossil record of Scolopendrellidae from Cretaceous Burmese amber. *Cretaceous Research*, *84*, 258–263. <https://doi.org/10.1016/J.CRETRES.2017.11.018>
- Müller, F., Hoffmann-Kroll, R., & Wiggering, H. (2000). Indicating ecosystem integrity - Theoretical concepts and environmental requirements. *Ecological Modelling*, *130*(1–3), 13–23. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00210-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00210-6)
- Nosek, J. (1973). *The European Protura, their taxonomy, ecology and distribution with keys for determination*. Museum of Natural History, Geneva, Switzerland.
- Nunes, A. (2018). *Sinopse do grupo operacional MaisSolo*. <https://maissolo.webnode.pt/>
- Orgiazzi, A., Singh, B., Wall, D., Barrios, E., Kandeler, E., Moreira, F., De Deyn, G., Chotte, J., Six, J., Hedlund, K., Briones, M., Miko, L., Johnson, N., Ramirez, K., Fierer, N., Kaneko, N., Lavelle, P., Eggleton, P., Lemanceau, P., ... Jones, A. . (2016). *Global soil biodiversity atlas*. 27236 EN, 1–176. <https://doi.org/10.2788/85933>
- Paoletti, M. G., & Hassall, M. (1999). Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *74*(1–3), 157–165. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00035-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00035-3)
- Parisi, V. (1974). *Soil biology and ecology, techniques of researches*.
- Parisi, V. (2001). The biological soil quality, a method based on microarthropods. *Acta Naturalia de L'Ateneo Parmense* *37*, 97–106.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., & Jacomini, C. (2003, March 25). Evaluation of Soil Quality and Biodiversity in Italy: the Biological Quality of Soil Index (QBS) approach. *Proceedings: "OECD" Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicators*.

- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., & Mozzanica, E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *105*(1–2), 323–333. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2004.02.002>
- PEPAC. (2021). *Plano Estratégico da PAC para Portugal. CCI 2023PT06AFSP001*.
- Phillipson, J. (1971). *Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow*. Blackwell Scientific Publications Ltd [for] the International Biological Programme.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., & Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science (New York, N.Y.)*, *267*(5201), 1117–1123. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.267.5201.1117>
- Portugal, J., Monteiro, A., & Luz, J. P. (2017). Gestão de infestantes em vinhas, olivais e pomares. *Revista de Ciências Agrárias*, *40*(4), 839–853. <https://doi.org/10.19084/RCA17040>
- Rainio, J., & Niemelä, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, *12*(3), 487–506. <https://doi.org/10.1023/A:1022412617568/METRICS>
- Rodríguez, M. T. (1992). *Shymphyla y Pauropoda (Myriapoda) de suelos de España* [Complutense University of Madrid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=15544&info=resumen&idioma=SPA>
- Rose, M. T., Cavagnaro, T. R., Scanlan, C. A., Rose, T. J., Vancov, T., Kimber, S., Kennedy, I. R., Kookana, R. S., & Van Zwieten, L. (2016). Impact of Herbicides on Soil Biology and Function. *Advances in Agronomy*, *136*, 133–220. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2015.11.005>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, *232*, 8–27. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2019.01.020>
- Santorufu, L., Van Gestel, C. A. M., Rocco, A., & Maisto, G. (2012). Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, *161*, 57–63. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2011.09.042>
- Sapkota, T. B., Mazzoncini, M., Bàrberi, P., Antichi, D., & Silvestri, N. (2012). Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover crop-based arable cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development*, *32*(4), 853–863. <https://doi.org/10.1007/S13593-011-0079-0/TABLES/5>
- SARE. (2012). *Managing Cover Crops Profitably* (3rd ed.). Sustainable Agriculture Research and Education - United States.
- Scheller, U., Berg, M., & Jansen, M. (2004). Pauropoda (Myriapoda), a class new to the Dutch fauna, with the description of a new species. *Entomologische Berichten*, *64*, 3–9. <https://natuurtijdschriften.nl/pub/1011904>
- Scheller, U., & Minor, M. (2010). New records of Pauropoda (Myriapoda) from New Zealand with descriptions of four new species and a new family Eirmopauropodidae. *New Zealand Journal of Zoology*, *37*(4), 323–337. <https://doi.org/10.1080/03014223.2010.517542>

- Schoenholtz, S. H., Miegroet, H. Van, & Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1–3), 335–356. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Sendra, A. (2006). *Synopsis of described Diplura of the world*.
- Six, J., Elliott, E. T., & Paustian, K. (1999). Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under Conventional and No-Tillage Systems. *Soil Science Society of America Journal*, 5(63), 1350–1358. <https://www.infona.pl//resource/bwmeta1.element.springer-efaa5923-632f-3039-a0b3-7f6b5f7c1651>
- Socarrás, A. (2013). Soil mesofauna: biological indicator of soil quality. *Pastos Forrajes*, 36(1), 14–21.
- Solbrig, O. (1991). From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity. *IUBS-SCOPE-UNESCO Workshop*, 124. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000152474>
- Solomou, A. D., Sfugaris, A. I., & Sfendourakis, S. (2019). Terrestrial isopods as bioindicators for environmental monitoring in olive groves and natural ecosystems. *Journal of Natural History*, 53(27–28), 1721–1735. <https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1658821>
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N. D., Herzog, I., van Doorn, A., de Snoo, G. R., Rakosy, L., & Ramwell, C. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 22–46. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2009.07.005>
- Tabaglio, V., Gavazzi, C., & Menta, C. (2009). Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilisation after four years of continuous maize. *Soil and Tillage Research*, 105(1), 135–142. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2009.06.006>
- Townsend, L. (2024). *Recognizing Insect Larval Types | Entomology*. ENTFACT-017. UNIVERSITY OF KENTUCKY COLLEGE OF AGRICULTURE . <https://entomology.ca.uky.edu/ef017>
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F. T., Bardgett, R. D., Brady, M. V., Bjornlund, L., Jørgensen, H. B., Christensen, S., Hertefeldt, T. D., Hotes, S., Gera Hol, W. H., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S. R., ... Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2), 973–985. <https://doi.org/10.1111/GCB.12752>
- Tulande-M., E., Barrera-Cataño, J. I., Alonso-Malaver, C. E., Morantes-Ariza, C., & Basto, S. (2018). Soil macrofauna in areas with different ages after *Pinus patula* clearcutting. *Universitas Scientiarum*, 23(3), 383–417. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.SC23-3.SMIA>
- Turco, R. F., Kennedy, A. C., & Jawson, M. D. (2015). Microbial Indicators of Soil Quality. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, 73–90. <https://doi.org/10.2136/SSSASPECPUB35.C5>
- Van Straalen, N. M. (1998). Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology*, 9(1–3), 429–437. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00101-2)

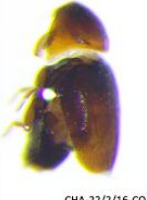


































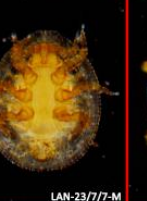
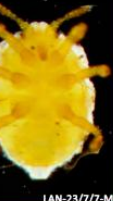


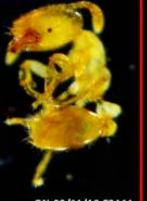
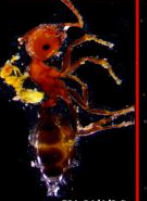















Voigtländer, K., Homelab, P. D., & Burkhardt, U. (2016). *The present knowledge of the Symphyla and Pauropoda (Myriapoda) in Germany-An annotated checklist.*  
<http://www.edaphobase.org>

## **Anexos**









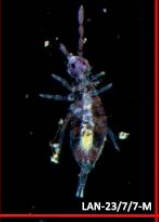



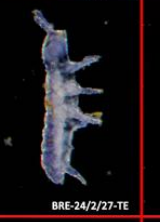



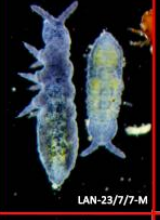


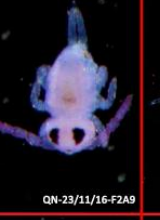


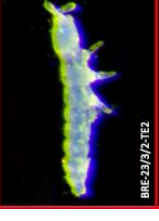






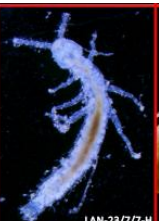






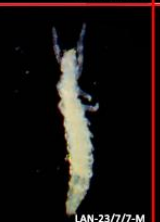



## **ANEXO I**

**Imagens de taxa capturados  
durante o processamento das amostras de solo**

















Clase Insecta

<p><b>Ordem Coleoptera</b> <b>EMI 1-20</b></p>	 CHA-22/2/16-CO	 CHA-22/7/6-CO	 CHA-22/7/6-TE	 CHA-22/7/6-TE	 CHA-22/7/6-TE	 CHA-22/7/27-CO	 EME-23/1/11-B
 SIB-24/7/4-CO	 LAN-23/7/7-H	 LAN-23/7/7-M	 LAN-23/7/7-M	 RAP-24/4/26-TE	 ESA-24/4/3-B	 QN-23/11/16-F2A6	 QN-23/11/16-F2A8
<p><b>Ordem Diptera</b> <b>EMI 1</b></p>	 CAR-22/2/16-CO	 CAR-22/2/16-TE	 CHA-22/7/27-CO	 CAR-22/2/16-TE	 CHA-22/7/6-TE	 CHA-22/7/27-CO	 CHA-22/7/27-CO
 LAN-23/7/7-H	 LAN-23/7/7-H	 LAN-23/7/7-O	 LAN-23/8/7-V	 RAP-24/4/26-TE	 QN-23/11/16-F1A2	 CAD-24/7/8-A1	 CAD-24/7/8-A3
<p><b>Ordem Hemiptera</b> <b>EMI 1</b></p>	 CAD-24/7/14-A4	 LAN-23/7/7-V	 LAN-23/8/7-V	 RAP-24/4/26-TE	 CAD-24/7/14-A3	 LAN-23/7/7-M	 LAN-23/7/7-M
<p><b>Ordem Himenoptera</b> <b>EMI 1-5</b></p>	 CHA-22/7/6-CO	 CHA-22/7/6-TE	 QN-23/11/16-F2A11	 ESA-24/4/3-B	 LAN-23/7/7-V	 LAN-23/7/7-M	 QN-23/11/16-F1A2
<p><b>Ordem Thysanoptera</b> <b>EMI 1</b></p>	 LAN-23/7/7-O	 LAN-23/7/7-V	 LAN-23/7/7-M	 LAN-23/7/7-M	 LAN-23/7/7-M	 QN-23/11/16-F2A7	 CAD-24/7/14-AA
<p><b>Ordem Psocoptera</b> <b>EMI 1</b></p>	 LAN-23/7/7-M	 LAN-23/8/7-M	 LAN-23/7/7-O	 LAN-23/8/7-V	 CAD-24/4/21-A3		

Grupo Entognatha

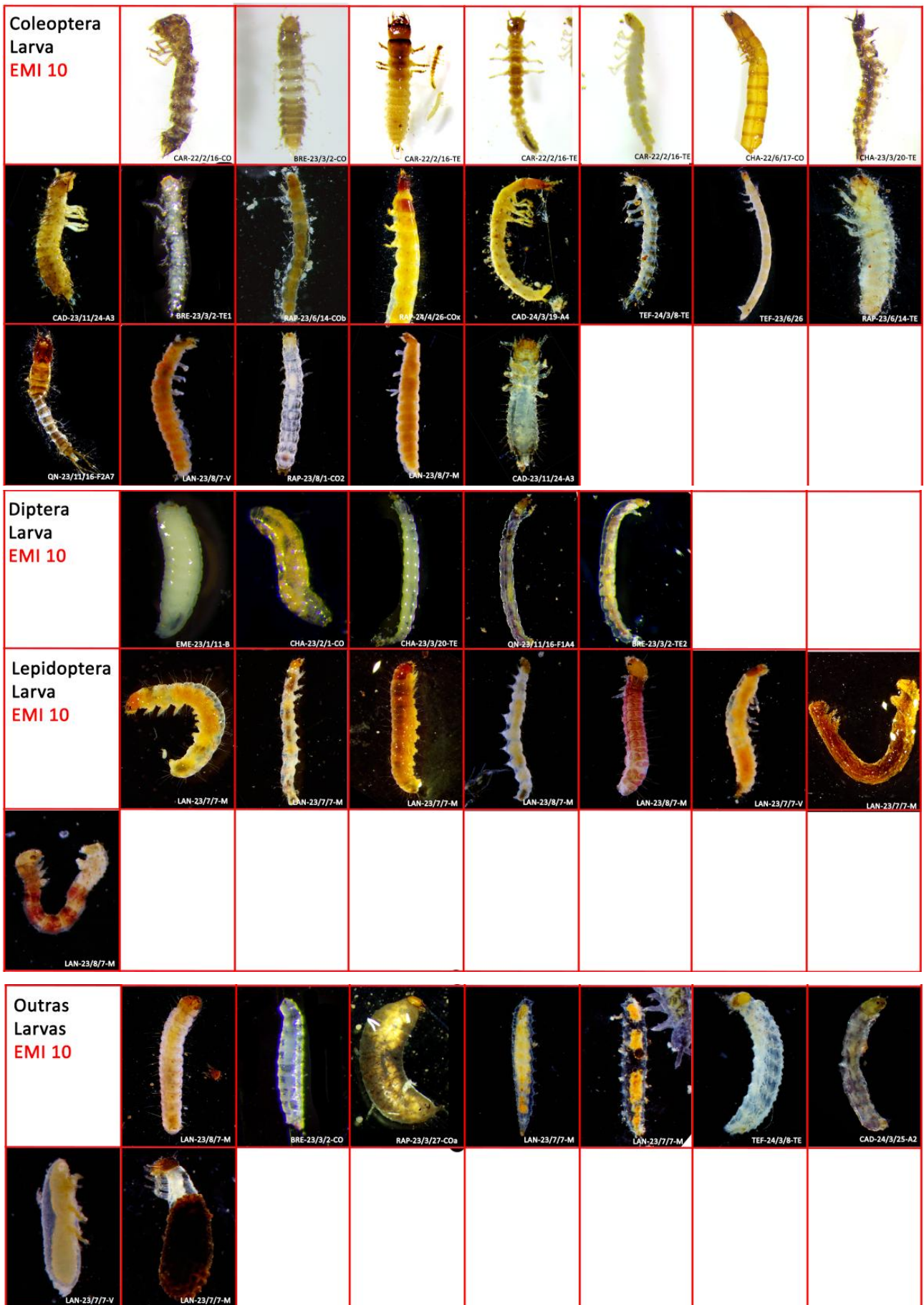
<p>Clase Colembolla</p> <p>- Epígeos - EMI 1-4</p>	 <p>LAN-24/6/26-M</p>	 <p>RAP-24/4/26-TE</p>	 <p>MUR-24/3/22-A1</p>	 <p>MAL-23/6/2-CO</p>	 <p>CAD-24/3/25-A1</p>	 <p>CHA-23/7/24-CO</p>	 <p>QN-23/11/16-F2A6</p>
<p>- Hemi- Edáficos - EMI 6-8</p>	 <p>TEF-24/3/8-CO</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>QN-23/11/16-F1A4</p>	 <p>ESA-24/4/3-A</p>	 <p>QN-23/11/16-F1A1</p>	 <p>BRE-24/2/27-TE</p>	 <p>BRE-23/3/2-CO</p>
	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	 <p>LAN-23/7/7-H</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>RAP-24/4/26-CO</p>	 <p>BRE-23/3/2-TE1</p>	 <p>QN-23/11/16-F2A9</p>	 <p>QN-23/11/16-F1A2</p>
<p>- Edáficos - EMI 10-20</p>	 <p>ESA-24/4/3-A</p>	 <p>BRE-23/3/2-TE2</p>	 <p>TEF-24/3/8-CO</p>	 <p>AZ-24/6/27</p>	 <p>RAP-24/4/26-CO</p>	 <p>CF-24/6/12-CO</p>	 <p>ESA-24/4/3-A</p>
<p>Clase Diplura</p> <p>EMI 20</p>	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	 <p>LAN-23/7/7-H</p>	 <p>LAN-23/8/7-O</p>	 <p>QN-23/11/16-F2A11</p>	 <p>MUR-23/11/21-A1</p>	 <p>MUR-23/11/21-A1</p>	
<p>Clase Protura</p> <p>EMI 20</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>SIB-24/7/4-TE</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-24/6/26-M</p>	

Sub-filo Myriapoda

<p>Classe Diplopoda &gt;5mm EMI 10 &lt;5mm EMI 20</p>	 <p>CAR-22/2/16-TE</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/8/7-M</p>	 <p>QN-23/11/16-F2A8</p>			
<p>Ordem Polyxenida</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/8/7-O</p>	 <p>LAN-23/8/7-M</p>
<p>Classe Chilopoda &gt;5mm EMI 10 &lt;5mm EMI 20</p>	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	 <p>LAN-23/8/7-O</p>	 <p>LAN-23/8/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>QN-23/11/16-F1A2</p>	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	

<p>Classe Symphyla EMI 20</p>	 <p>EME-23/1/11-P</p>	 <p>EME-23/1/11-B</p>	 <p>LAN-23/7/7-O</p>	 <p>CHA-23/7/24-CO</p>	 <p>CAD-23/11/24-A1</p>	 <p>RAP-23/8/1-CO1</p>	 <p>QN-23/11/16-F1A1</p>
	 <p>CF-24/6/12-CO</p>	 <p>EME-24/6/27-TE</p>	 <p>SIB-24/7/4-TE</p>	 <p>TEF-24/7/25-CO</p>	 <p>CAD-24/7/8-A2</p>		
<p>Classe Pauropoda EMI 20</p>	 <p>MAL-23/3/13-CO</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>LAN-23/7/7-M</p>	 <p>QN-23/11/16-F2A3</p>		

## Larvas Holometábolos



Classe Arachnida

