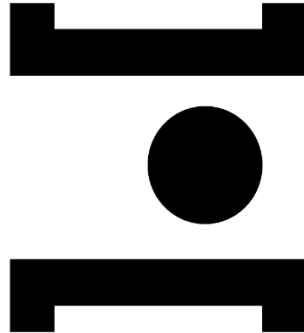


Instituto Politécnico de Santarém
Escola Superior Agrária de Santarém



Biodiversidade de artrópodes de solo em sistemas culturais do Ribatejo: monitorização pelo método das armadilhas “Pitfall” e Índice QBS-ar

Dissertação

Mestrado em Engenharia Agronómica

Leonardo Alexandre Gião Santos

Orientação:

Doutora Elsa de Jesus Centeio Valério (orientadora)

Professora Maria do Céu Costa Godinho (co-orientadora)

Fevereiro, 2024

Agradecimentos

Os meus agradecimentos vão para todos os que, durante a realização deste trabalho, contribuíram para a sua conclusão.

Em primeiro lugar agradecer à Doutora Elsa Valério, orientadora, e à professora Maria do Céu Godinho, coorientadora, por todo o apoio. Foram cerca de três anos, iniciados com o trabalho final da Licenciatura em Agronomia e que terminam agora com a realização da Tese do Mestrado em Engenharia Agronómica. Muitas conversas, reuniões, visitas ao campo, trabalho de laboratório que resultaram principalmente na aquisição de conhecimento e numa grande sensibilidade da minha parte para o impacto que a agricultura pode ter nos ecossistemas.

Agradeço o auxílio da Professora Rita Neres no delineamento experimental e tratamento estatístico e o apoio dado pelo colega Mário Duarte nas visitas ao campo e no trabalho de laboratório.

À Escola Superior Agrária de Santarém pela cedência de instalações e materiais para a execução dos trabalhos.

Aos meus familiares pela educação, suporte e força dada para que, passo a passo, os objetivos da minha vida se tornem realidade.

Aos amigos que o Mestrado me deu, em especial ao Gonçalo Neves, João Marcelino, Leonor Borbinha e Cristiana Carvalho, que ao longo dos dois anos foram um grande apoio para que esta caminhada fosse concluída com sucesso.

Aos restantes amigos agradeço todos os bons momentos que passamos e que fizeram com que esta jornada se tornasse mais leve e fácil.

Pelo financiamento atribuído através do Programa de Recuperação e Resiliência para o projeto Soillifefirst.

Resumo

Com a intensificação da agricultura na região do Ribatejo, os campos são constantemente sujeitos aos mesmos procedimentos culturais, muitas vezes sem que o impacto para o meio envolvente seja tido em conta, levando a graves consequências para os ecossistemas, principalmente quebras na diversidade dos seres vivos. Este estudo teve como principal objetivo a avaliação da diversidade de artrópodes em sistemas culturais no Ribatejo, onde se implementaram culturas de cobertura, tendo-se utilizado dois métodos de captura de artrópodes, captura de artrópodes à superfície (armadilhas “Pitfall”) e em profundidade (sonda de recolha de solo para determinação do índice QBS-ar -Qualidade Biológica do Solo - artrópodes). A utilização do índice QBS-ar é recente no nosso País, pelo que, se pretende validar este método para os sistemas culturais no Ribatejo relativamente ao método das armadilhas Pitfall.

As amostras foram recolhidas em dois campos no concelho da Golegã, S. João de Brito (3 modalidades) e Casal das freiras (2 modalidades), tendo-se realizado três amostragens por campo: 23 de março, 12 de junho e 19 de julho. Os dois métodos de amostragem utilizados: i) captura de artrópodes de superfície (armadilhas “Pitfall”) que ocorreu no campo São João de Brito, com a instalação de 9 armadilhas/ modalidade/data de amostragem; ii) captura de artrópodes com sonda de profundidade para obtenção do Índice QBS-ar que foi implementada nos dois campos em estudo, tendo-se realizado 12 picagens/modalidade, distribuídas aleatoriamente. As amostras obtidas nas armadilhas “Pitfall” foram analisadas em laboratório, onde se procedeu à filtragem, separação em morfotipos e identificação taxonómica, sempre que possível até à espécie. As amostras de solo (índice QBS-ar) foram colocadas em Funis de Berlese-Tüllgren para extração dos artrópodes e analisadas posteriormente através de uma chave desenvolvida por Menta et al (2018).

No campo São João de Brito as amostras recolhidas a partir das armadilhas Pitfall mostraram que existe diversidade de artrópodes, capturou-se 171 morfotipos de 16 ordens diferentes. Podemos destacar uma maior diversidade das ordens Araneae, Collembola, Diptera e Coleoptera. A obtenção do Índice QBS-ar permitiu concluir que o

campo se encontra com valores abaixo do que é considerado um solo de qualidade para Menta et al, 2018., este facto também foi verificado no campo Casal das Freiras.

Comparou-se o número de deslocações ao campo e o tempo despendido no tratamento da totalidade das amostras, que em ambos os casos é superior nas armadilhas Pitfall, pelo que para análises rápidas deveremos optar pelo Índice QBS-ar. Assim sendo, os dois métodos permitem avaliar a qualidade biológica do solo, e são complementares, no entanto, a escolha por um deles depende dos objetivos do trabalho.

Palavras Chaves - Morfotipos, diversidade, bioindicadores e culturas de cobertura

Abstrat

With the intensification of agriculture in the Ribatejo region, fields are constantly subjected to the same cultural procedures, often without the impact on the surrounding environment being taken into account, leading to serious consequences for ecosystems, mainly declines in the diversity of living beings. The main objective of this study was to evaluate the diversity of arthropods in cropping systems in Ribatejo, where cover crops were implemented, using two methods of arthropod capture: surface capture (pitfall traps) and in depth (soil collection probe to determine the QBS-ar index - Soil Biological Quality - arthropods). The use of the QBS--ar index is recent in our country, therefore, we intend to validate this method for cultural systems in Ribatejo in relation to the Pitfall trap method.

The samples were collected in two fields in the municipality of Golegã, S. João de Brito (3 modalities) and Casal das Freiras (2 modalities), and three samplings were carried out per field: March 23, June 12 and July 19. The two sampling methods used: i) capture of surface arthropods ("Pitfall" traps) that occurred in the São João de Brito field, with the installation of 9 traps/sampling method/date; ii) capture of arthropods with a depth probe to obtain the QBS-air Index, which was implemented in the two fields under study, with 12 bites/modality being carried out, distributed randomly. The samples obtained in the "Pitfall" traps were analyzed in the laboratory, where filtration, separation into morphotypes and taxonomic identification were carried out, whenever possible down to the species. Soil samples (QBS-air index) were placed in Berlese-Tüllgren funnels to extract arthropods and subsequently analyzed using a key developed by Menta et al (2018).

In the São João de Brito field, samples collected from Pitfall traps showed that there is a diversity of arthropods, with 171 morphotypes from 16 different orders captured. We can highlight a greater diversity of the orders Araneae, Collembola, Diptera and Coleoptera. Obtaining the QBS-ar Index allowed us to conclude that the field has values below what is considered a quality soil for Menta et al, 2018. This fact was also verified in the Casal das Freiras field.

The number of field trips and the time spent on treating all samples were compared, which in both cases is greater in Pitfall traps, therefore for quick analyses we should opt for the QBS-ar Index. Therefore, both methods allow the assessment of the biological quality of the soil, and are complementary, however, the choice of one of them depends on the objectives of the work.

Keywords - Morphotypes, Diversity, Bioindicators and cover crops

Índice

1 – Introdução	1
2 - Revisão Bibliográfica	3
2.1 - Impacto da agricultura na biodiversidade	3
2.2 - Práticas agrícolas sustentáveis	4
2.3 – Monocultura	5
2.4 - Rotação/Sucessão de culturas	6
2.5 - Culturas de cobertura	7
2.6 - Qualidade dos solos	8
2.7 - Biodiversidade dos solos	10
2.8 - Controlo biológico de pragas	11
2.9 - Armadilhas “Pitfall”	12
2.10 - Índice QBS-ar	13
2.11 - Extrator Berlese-Tüllgren	14
2.12 – Índice de Shannon	16
2.13 – Índice de Simpson	16
2.14 - Artrópodes Bioindicadores	17
2.14.1 - Classe Arachnida	17
2.14.2 - Classe Entognatha	19
2.14.3 - Classe Insecta	19
3 - Material e Métodos	21
3.1 – Campos de estudo	21
3.2 – Delineamento Experimental	22
3.2.1– Armadilhas do tipo “pitfall”	22
3.2.2.- Recolha de amostras de solo – Índice Qbs-ar	23
3.3 – Instalação das armadilhas	24
3.4 – Técnicas de amostragem	26
3.4.1 – Amostragem de artrópodes com armadilhas tipo “Pitfall”	26
3.4.2 – Amostragem de artrópodes com aplicação do índice QBS-ar	31
4 - Resultados e Discussão	34
4.1 – Captura de artrópodes à superfície pela técnica das armadilhas “Pitfall” (Campo de São João de Brito)	34

4.1.1 – Morfotipos capturados por modalidade, no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall)	34
4.1.2 – Artrópodes capturados por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall)	35
4.1.3 – Artrópodes capturados por amostra, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall)	37
4.1.4 – Diversidade de artrópodes – Índice de Shannon.....	38
4.1.5 – Diversidade de artrópodes – Índice de Simpson	38
4.1.6 – Ordens de artrópodes identificadas, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall)	39
4.2 – Índice QBS-ar	49
4.2.1 – Campo São João de Brito por modalidade.....	49
4.2.1.1 – Catálogo de artrópodes capturados no Campo São João de Brito (Índice QBS-ar).....	51
4.2.2 – Campo Casal das Freiras por modalidade.....	51
4.2.2.1 – Catálogo de artrópodes capturados no Campo Casal das Freiras	53
4.3 – Comparação entre os dois métodos de captura de artrópodes. Armadilhas “Pitfall” e captura por sonda (índice QBS-ar)	54
4.3.1 – Deslocações ao campo em cada um dos métodos	54
4.3.2 – Número de amostras trabalhadas em cada um dos métodos	55
5- Conclusão.....	56
6 - Referências bibliográficas.....	58
7 – Anexos.....	63
7.1 – Armadilhas Pitfall destruídas por javalis.....	63
7.2 – Artrópodes por ordem capturados no campo São João de Brito (método armadilhas Pitfall)	64
7.3 – Ordens de artrópodes capturadas por modalidade no campo São João de Brito (método armadilhas Pitfall).....	65
7.3 – Valores EMI para os Morfotipos recolhidos no método QBS-ar (Fonte: Mário Duarte)	66
7.4 - Valores de EMI para determinação do índice QBS-ar (Menta et al., 2018)	67

Índice de Figuras

Figura 1 - Declínio da biodiversidade das terras agrícolas devido à intensificação do uso do solo (Fonte: Relatório Especial 13/2020 - PAC).....	4
Figura 2 - Evolução do conceito de saúde do solo. Fonte: Cherubin et al. (2023).	9
Figura 3 - Extrator Berlese-Tullgren (Bano et al, 2016. Extraction of Soil Microarthropods: A low-cost Berlese Tullgren funnels extractor. International Journal of Fauna and Biological Studies) 15	
Figura 4 - Localização Campo São João de Brito e modalidades (Fonte: Mário Duarte).....	21
Figura 5 - Localização Campo Casal das Freiras e modalidades (Fonte: Mário Duarte).....	22
Figura 6 - Localização Campo São João de Brito (Fonte: Mário Duarte)	22
Figura 7 - Esquema de instalação das armadilhas "Pitfall" no Campo São João de Brito	23
Figura 8 - Esquema de recolha de amostras de solo	24
Figura 9 - Cultura de cobertura instalada.....	25
Figura 10 - Fase inicial da cultura principal	25
Figura 11 – Fase avançada da cultura principal.....	25
Figura 12 - Instalação das armadilhas Pitfall (Fonte: Leonardo Santos).....	27
Figura 13 - Recolha das armadilhas Pitfall (Fonte: Leonardo Santos)	28
Figura 14 - Filtragem e separação do material recolhido (Fonte: Leonardo Santos)	29
Figura 15 - Separação, numeração e identificação de artrópodes (Fonte: Leonardo Santos)	30
Figura 16 - Recolha de amostra (Fonte: Leonardo Santos)	31
Figura 17 - Amostra no extrator Berlese-Tullgren (Fonte: Leonardo Santos).....	32
Figura 18 - Classificação e atribuição de valor EMI aos artrópodes recolhidos (Fonte: Leonardo Santos).....	33
Figura 19 - Morfotipos capturados por modalidade na Quinta de São João de Brito (armadilhas "Pitfall").....	35
Figura 20 - Artrópodes capturados por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall").....	36
Figura 21 - Artrópodes capturados por amostra, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall").....	37
Figura 22 - Ordens de artrópodes capturadas, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall")	39
Figura 23 - Ordens de artrópodes capturadas por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall").....	41
Figura 24 - Catálogo de Artrópodes no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas "Pitfall")	44
Figura 25 - Catálogo de artrópodes capturados por ordem no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas	48
Figura 26 - Índice QBS-ar no Campo São João de Brito por modalidade	50
Figura 27 - Catálogo de artrópodes capturados no Campo São João de Brito.....	51
Figura 28 - Índice QBS-ar no Campo Casal das Freiras por modalidade	52
Figura 29 - Catálogo de artrópodes capturados no Campo Casal das Freiras.....	53

Índice de Quadros

Quadro 1 - Características de campos em estudo.....	21
Quadro 2 - Delineamento Experimental para armadilhas do tipo “pitfall” no Campo São João de Brito.....	22
Quadro 3 - Delineamento Experimental para recolha de amostras de solo	23
Quadro 4 – Datas e fases das culturas na instalação das armadilhas	24
Quadro 5 - Morfotipos capturados por modalidade na Quinta de São João de Brito (armadilhas "Pitfall).....	34
Quadro 6 -Artrópodes capturados por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas “Pitfall).....	36
Quadro 7 - Índice de Shannon - Valores de H'.....	38
Quadro 8 - Índice de Simpson - Valores de "D".....	38
Quadro 9 - Índice QBS-ar no Campo São João de Brito por modalidade	49
Quadro 10 - Índice QBS-ar no Campo Casal das Freiras por modalidade	52
Quadro 11 - Deslocações entre métodos.....	54
Quadro 12 - Amostras trabalhadas por método’	55

1 – Introdução

Segundo a ONU (2017) a população mundial nos últimos anos tem vindo a aumentar de forma significativa e estima-se que possa chegar a 8,6 biliões até 2030. Para poder alimentar a população mundial é fundamental respeitar e proteger os recursos naturais de forma mais ecológica e sustentável. A gestão inadequada de recursos dos últimos anos tem vindo a colocar pressão sobre os sistemas globais e estima-se que um a seis biliões de hectares (até 30%) de solos estarão degradados a nível mundial. A degradação do solo afeta negativamente 3,2 biliões de pessoas, sendo também um dos principais contributos para as alterações climáticas e perda de biodiversidade **(Januário, 2022)**.

Os solos são um recurso natural com relevância para o suporte das atividades humanas, designadamente a produção de alimentos e biomassa. A prestação de serviços de ecossistema que assume forte relevância na atualidade, está intimamente relacionada com a vida no solo. A biodiversidade do solo e a manutenção das cadeias alimentares suportadas por estes organismos permitem assegurar os fluxos de energia e a resiliência dos sistemas. A destruição acelerada dos solos e a necessidade de contrariar estes processos têm conduzido a estudos que permitem demonstrar e comunicar as evidências dos efeitos benéficos da preservação da biodiversidade do solo **(Seaton et al, 2021)**.

Tendo em consideração que os organismos que vivem no solo são os responsáveis diretos pelo seu funcionamento, atuando, entre outros, nos processos de génese, decomposição de resíduos orgânicos, reciclagem de nutrientes e recuperação de áreas contaminadas, justifica a importância e reforça a necessidade da inclusão dos indicadores biológicos (bioindicadores) nas avaliações de qualidade do solo **(Valério et al, 2022)**.

A intensificação das práticas agrícolas com recurso, na maioria das vezes, a aplicações de pesticidas e fertilizantes e as mobilizações frequentes do solo têm como consequência a degradação dos recursos naturais e a perda de biodiversidade nos ecossistemas agrícolas. Por outro lado, os efeitos destas práticas têm sido estudados nas últimas

décadas e, devido aos seus impactos negativos, os agricultores têm sido encorajados a promover práticas agrícolas ambientalmente sustentáveis através da proteção dos ecossistemas e da sua biodiversidade (**Santos *et al*, 2012**).

Este estudo teve como principal objetivo a avaliação da diversidade de artrópodes em sistemas culturais no Ribatejo, onde se implementaram culturas de cobertura, tendo-se utilizado dois métodos de captura de artrópodes, captura de artrópodes à superfície (armadilhas “Pitfall”) e em profundidade (sonda de recolha de solo para determinação do índice QBS-ar). A utilização do índice QBS-ar é recente no nosso País, pelo que, se pretende validar este método para os sistemas culturais no Ribatejo relativamente ao método das armadilhas Pitfall.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1 - Impacto da agricultura na biodiversidade

O declínio da biodiversidade a nível mundial é amplamente reconhecido. Em 2019, a Plataforma Intergovernamental Científica e Política sobre a Biodiversidade e os Serviços do Ecossistema (IPBES) alertou para o facto de o declínio se estar a suceder a um ritmo sem precedentes na história da Humanidade; atualmente, cerca de um milhão de espécies animais e vegetais em todo o mundo estão ameaçadas de extinção (Fig.1). Em janeiro de 2020, o Fórum Económico Mundial classificou a perda de biodiversidade e o colapso dos ecossistemas como uma das cinco maiores ameaças que o mundo enfrenta, tanto em termos de probabilidade como de impacto (**Relatório Especial 13/2020 – PAC**).

A biodiversidade vive atualmente uma das maiores regressões conhecidas desde o início da vida na Terra. No cenário atual, prevê-se que cerca de 20% de todas as espécies serão perdidas nas próximas três décadas (**Pedro et al, 2020**).

A agricultura tem um impacto significativo na biodiversidade. A desflorestação para abrir áreas agrícolas leva à destruição direta de habitats naturais, levando à perda de espécies vegetais e animais. A conversão de florestas, savanas e outros ecossistemas naturais em terras agrícolas reduz drasticamente a diversidade biológica. A preferência por monoculturas, onde uma única cultura é cultivada extensivamente. Pesticidas, herbicidas e fertilizantes usados na agricultura podem ter efeitos adversos na biodiversidade. Estes podem contaminar solos, recursos hídricos e afetar negativamente a vida selvagem, incluindo insetos polinizadores, aves e outros animais. Práticas agrícolas intensivas, como o cultivo em larga escala e o uso excessivo de máquinas, podem levar à compactação do solo, erosão e degradação do mesmo, diminuindo a sua capacidade de suportar vida vegetal e animal. O uso de fertilizantes em larga escala pode causar desequilíbrios nos ciclos de nutrientes nos solos e nas águas, afetando negativamente a biodiversidade aquática e terrestre (**Pinto, 2020**).



Figura 1 - Declínio da biodiversidade das terras agrícolas devido à intensificação do uso do solo (Fonte: Relatório Especial 13/2020 - PAC)

2.2 - Práticas agrícolas sustentáveis

Tendo em conta o aumento da população mundial, com a conseqüente necessidade de aumentar a produção agrícola, torna-se imprescindível o uso de ferramentas que permitam uma produção alimentar sem provocar a destruição de habitats naturais. A adoção de estratégias e de melhores práticas agrícolas, que consolidem o equilíbrio entre a produção económica, a responsabilidade ambiental e a manutenção da biodiversidade torna-se urgente. A mobilização mínima do solo associado ao enrelvamento pode prevenir e evitar o desenvolvimento de infestantes, melhorar a estrutura do solo e contribuir para a sua proteção e conservação. Uma prática aconselhada é a manutenção ou instalação de infraestruturas ecológicas que representem habitat e alimento para os insetos auxiliares, como por exemplo: faixas nas entrelinhas junto às culturas e bordaduras dos terrenos, constituídas por espécies vegetais com flor que possam funcionar como abrigos de auxiliares e/ou como repelentes de algumas pragas (Silva, 2021).

2.3 – Monocultura

A paisagem agrícola está a transformar-se numa vasta monocultura onde os restos de vegetação espontânea são relegados para áreas marginais, onde a maquinaria agrícola não pode entrar. As consequências ambientais desta transformação são pagas todos os dias pelos agricultores, sob a forma de perda de biodiversidade útil, aquilo que os pode ajudar a controlar as pragas de insetos, polinizar as suas culturas e renovar os nutrientes do solo. Esta biodiversidade fornece aquilo a que se chamam serviços do ecossistema, ou seja, os benefícios que os seres humanos obtêm da natureza. Neste contexto, surgem dúvidas sobre qual é a melhor estratégia para o controlo de pragas do ponto de vista paisagístico **(Paredes, 2021)**.

A monocultura refere-se à prática agrícola de cultivar uma única espécie de planta em uma área extensa de terra, excluindo ou minimizando a diversidade de culturas nesse espaço. Geralmente, essa prática envolve o cultivo repetido e contínuo da mesma cultura em ciclos sucessivos, deixando pouca ou nenhuma rotação de culturas. Esta prática é associada à agricultura intensiva, visando a maximização da produção de uma cultura específica. Isso é frequentemente alcançado através do uso extensivo de fertilizantes, pesticidas e herbicidas. Ao concentrar grandes áreas com uma única cultura, há um aumento do risco de surtos de pragas e doenças específicas que afetam essa planta. Isso pode resultar em perdas significativas de colheitas se não forem tomadas medidas adequadas de controle. A falta de diversidade genética em uma monocultura pode tornar as culturas mais vulneráveis a condições adversas, como mudanças climáticas, pois não há variedade genética para enfrentar esses desafios. A monocultura pode ter impactos negativos no solo, como a exaustão de nutrientes específicos, redução da biodiversidade no ambiente agrícola e maior uso de agroquímicos, afetando a qualidade do solo e a saúde dos ecossistemas. A longo prazo, a monocultura pode ser insustentável, pois pode levar à degradação do solo, aumento da dependência de inputs externos e à diminuição da resiliência dos sistemas agrícolas a condições adversas **(Maltez et al, 2016)**.

2.4 - Rotação/Sucessão de culturas

A rotação de culturas é uma prática agrônômica importante em todos os sistemas de agricultura. A alternância de culturas de espécies com características distintas ao nível morfológico (sistema radical), ciclo vegetativo (épocas distintas de sementeira e colheita) e ao nível da sua resistência a pragas e doenças, contribui para o aumento da melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos. A rotação de culturas pode melhorar a estrutura do solo, quer pela introdução de matéria orgânica, quer pela porosidade biológica criada pelas raízes das culturas. O aumento da porosidade biológica conduzirá a uma maior infiltração da água no solo com consequência na redução do escoamento superficial e, portanto, da erosão hídrica (Barros, 2017).

A sucessão de culturas é uma prática agrícola na qual diferentes culturas são plantadas sequencialmente na mesma área ao longo do tempo. Essa técnica visa melhorar a saúde do solo, reduzir doenças e pragas, aumentar a fertilidade e a produtividade, além de minimizar a dependência de químicos. Diferentes plantas levam a necessidades nutricionais distintas. Ao alternar culturas, algumas podem absorver os nutrientes que outras deixaram para trás, ajudando a manter o equilíbrio nutricional do solo. Certas pragas e doenças são específicas de determinadas culturas. Ao variar as plantações, reduz-se a probabilidade desses problemas, já que muitas pragas e doenças não podem sobreviver na ausência de seu hospedeiro preferido. Algumas culturas têm a capacidade de sufocar ou suprimir o crescimento de plantas daninhas específicas. Alternar essas culturas pode ajudar a controlar naturalmente as ervas daninhas, reduzindo a necessidade de herbicidas. Culturas diferentes têm sistemas de raízes variados, o que pode melhorar a estrutura do solo, reduzindo a compactação e aumentando o arejamento e a retenção de água. Essas práticas ajudam a promover a sustentabilidade agrícola, reduzindo a dependência de inputs externos e aumentando a resiliência dos sistemas agrícolas às condições ambientais variáveis (Loss et al, 2020).

2.5 - Culturas de cobertura

As culturas de cobertura são plantas cultivadas principalmente para proteger e melhorar a qualidade do solo. Estas são plantadas para cobrir o solo entre os cultivos principais, ajudando a reduzir a erosão, melhorar a estrutura do solo, aumentar a matéria orgânica, controlar as ervas daninhas e até mesmo fixar azoto no solo. Essas culturas podem ser gramíneas, leguminosas ou uma mistura de ambas. As gramíneas, como o centeio e a aveia, são frequentemente escolhidas pelo seu rápido crescimento e capacidade de fornecer cobertura rápida. As leguminosas têm a capacidade de fixar azoto atmosférico, fornecendo esse nutriente essencial para o solo. As culturas de cobertura são uma prática agrícola sustentável, pois ajudam a reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, melhoram a qualidade do solo e a sua biodiversidade, além de contribuírem para a gestão eficiente da água no solo **(Mendes, 2015)**.

O cultivo de culturas de cobertura tem sido adotado como estratégia para um modelo de agricultura conservacionista. Após atingir o seu máximo desenvolvimento vegetativo, essas plantas são cortadas, acamada na superfície ou incorporada ao solo, possibilitando aumentar seu teor de matéria orgânica, e conseqüentemente melhorar em suas características físicas, químicas e biológicas **(Scientia Naturalis, 2020)**.

As culturas de cobertura integram misturas bio diversas de leguminosas e gramíneas, inoculadas, ou não, com microrganismos benéficos (bactérias previamente selecionadas), mais adequadas à ecologia dos sistemas agrícolas horto industriais do Vale do Tejo, com o objetivo de promover o enriquecimento do solo em microrganismos rizosféricos e aumentar os inputs nutricionais ao solo **(Ficha técnica, projeto maisolo, 2021)**.

As culturas de cobertura podem aumentar a capacidade de retenção de água, a porosidade do solo, a estabilidade de agregados, o tamanho da população microbiana e sua atividade e a ciclagem de nutrientes. Existem quatro classes de culturas de cobertura: leguminosas (por exemplo, ervilhaca e trevo), não leguminosas (espinafre e linho), gramíneas (azevém e cevada) e brássicas (rabanetes e nabos). Os dois principais tipos de plantas de cobertura são as leguminosas e as não leguminosas. As culturas de

cobertura de leguminosas têm a capacidade de fixar azoto (N) biologicamente e aumentar o teor de matéria orgânica (MO) do solo (Abdalla *et al*, 2019).

As culturas de cobertura (CC) apresentam muitos benefícios para a saúde do solo, como a proteção física, a adição de matéria orgânica e a remoção do excesso de azoto no solo. Assim, as CC têm sido propostas como uma ferramenta de intensificação ecológica para melhorar a saúde do solo. Em particular, as CC são antecipadas pela sua capacidade de mitigar os desequilíbrios químicos do solo, imobilizando o excesso de nutrientes como a biomassa e libertando-os lentamente através da decomposição. Pesquisas demonstraram que as CC que incluem não-leguminosas reduzem significativamente o azoto lixiviado. No entanto, muitos aspetos da interação das CC com o solo permanecem inexplorados ou ambíguos. Por exemplo, se as CC podem efetivamente reduzir as emissões de óxido nitroso (N₂O), um GEE muito potente, pode depender das respostas microbianas do solo ao manuseamento das CC. Assim, os micróbios do solo podem regular os impactos das CC na saúde do solo como condutor fundamental dos processos do solo. Da mesma forma, uma comunidade microbiana diversificada com grupos de papéis sobrepostos leva a uma maior redundância funcional que indica um solo saudável e resiliente (Kim *et al*, 2022).

2.6 - Qualidade dos solos

A qualidade do solo é um conceito em constante evolução (Fig. 2), que passou a ser conhecido como saúde do solo nas últimas décadas. A saúde do solo é influenciada pelas operações culturais e pode ser avaliada por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos, que devem ser integrados em uma abordagem holística. A avaliação da saúde do solo é essencial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e a conservação do meio ambiente. No entanto, ainda há uma lacuna na adoção de uma abordagem holística de avaliação da qualidade dos solos, que integre os indicadores físicos, químicos e biológicos (Cherubin *et al*, 2022).

No início do ano de 1970, o conceito de qualidade dos solos (Fig. 2) estava relacionado ao conceito de aptidão agrícola, que estabelece o potencial da área para uso agrícola

com base em informações do meio físico como relevo, tipo de solo e condições climáticas. O termo “qualidade do solo” surgiu em 1971, e foi definido como a capacidade do solo de suportar altas produtividades de grãos em condições de altos níveis tecnológicos. Por isso, este termo ficou associado por muito tempo à produtividade agrícola. Na década de 1990 foram incorporados os pilares ambiental e de saúde humana no conceito de qualidade de solo. Por fim, o papel dos componentes biológicos do solo foi incluído no conceito que mudou para saúde do solo. Apesar da evolução conceitual os termos “qualidade do solo” e “saúde do solo” têm sido amplamente utilizados na literatura como sinônimos. Da mesma forma, podemos considerá-los como sinônimos pensando na avaliação da qualidade dos solos nas propriedades agrícolas (Boschiero, 2023).

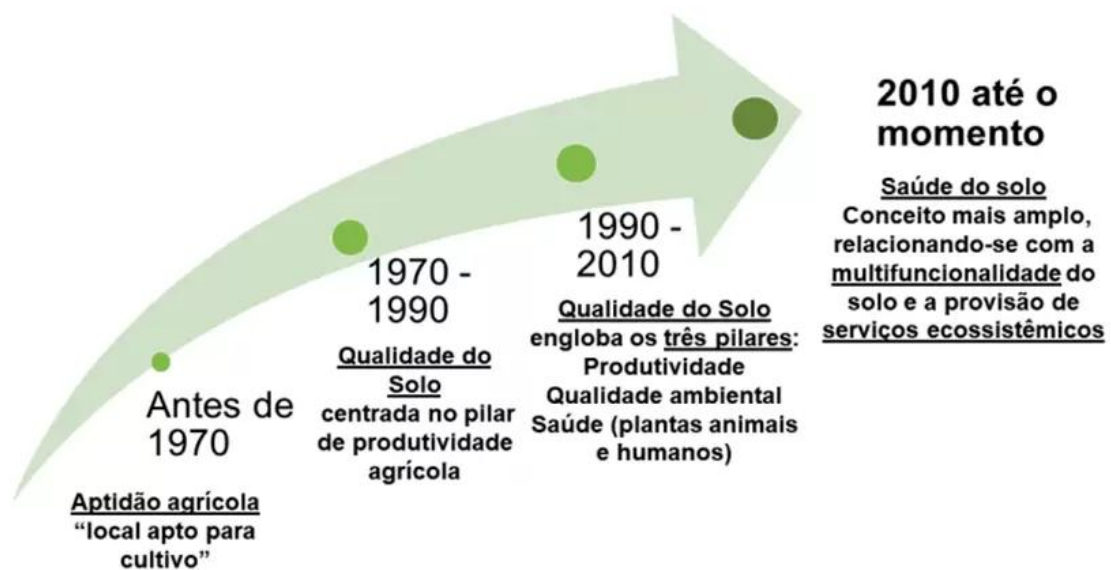


Figura 2 - Evolução do conceito de saúde do solo. Fonte: Cherubin et al. (2023).

2.7 - Biodiversidade dos solos

A biodiversidade dos solos é crucial para a saúde dos ecossistemas terrestres. Os solos são habitats complexos, repletos de vida microbiana e de organismos como minhocas, insetos, artrópodes e raízes de plantas. Essa diversidade desempenha papéis fundamentais na manutenção da fertilidade, na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e regulação de processos biogeoquímicos. Solos ricos em biodiversidade tendem a ser mais resilientes a doenças e pragas, pois apresentam uma variedade de organismos que podem ajudar a controlar populações indesejadas. Estruturas criadas por organismos como minhocas ajudam na retenção de água no solo, reduzindo a erosão e aumentando a capacidade de retenção de nutrientes. A perda de biodiversidade do solo devido a práticas agrícolas intensivas, desflorestação e poluição representa uma ameaça à saúde dos ecossistemas terrestres. A preservação e a promoção da biodiversidade do solo são fundamentais para a sustentabilidade ambiental e a produtividade agrícola a longo prazo (Trindade, 2023).

A biodiversidade do solo desempenha um papel fundamental na regulação dos processos que sustentam a entrega de bens e serviços nos ecossistemas terrestres. Sabe-se que a intensificação agrícola altera a diversidade de grupos individuais da biota do solo, mas pouco se sabe sobre como a intensificação afeta a biodiversidade da cadeia alimentar do solo como um todo, e se esses efeitos podem ou não ser generalizados entre as regiões (Tsiafouli *et al*, 2014).

Examinamos a biodiversidade em teias alimentares do solo de pastagens, rotações extensas e intensivas em quatro regiões agrícolas em toda a Europa: Suécia, Reino Unido, República Tcheca e Grécia. Descobrimos que entre as regiões as medidas de diversidade da cadeia alimentar do solo foram variáveis, mas que o aumento da intensidade do uso da terra causou respostas altamente consistentes. Em particular, a intensificação do uso da terra reduziu a complexidade nas cadeias alimentares do solo, bem como a massa corporal média ponderada pela comunidade da fauna do solo. Em todas as regiões da Europa, a riqueza de espécies de minhocas, colêmbolos e ácaros foi negativamente afetada pelo aumento da intensidade do uso da terra. Conclui-se que a agricultura intensiva reduz a biodiversidade do solo, tornando as teias alimentares do solo menos

diversificadas e compostas por organismos de menor corpo. A intensificação do uso da terra resulta em menos grupos funcionais da biota do solo com menos espécies taxonomicamente mais relacionadas (Maltez, 2018).

2.8 - Controlo biológico de pragas

O aumento da diversidade de plantas em sistemas agrícolas é uma maneira promissora de equilibrar a produção de alimentos e a conservação da biodiversidade. O controlo biológico de pragas, um serviço do ecossistema crucial, fornecido por inimigos naturais, poderia beneficiar particularmente do aumento da diversidade de plantas em escala local. Tais efeitos positivos, muitas vezes, dependem do contexto da paisagem que molda o conjunto de espécies inimigas naturais disponíveis e a sua capacidade de colonizar habitats recém-criados. No entanto, ainda não é claro como a paisagem modula o efeito local da diversidade vegetal sobre inimigos naturais e serviços de controle de pragas. Diversas culturas de cobertura aumentaram a abundância de inimigos naturais em 140% ao longo do ensaio, mas sem alterar a sua riqueza taxonómica e composição. Encontramos ainda um efeito de decréscimo à distância das culturas de cobertura sobre a abundância de inimigos naturais entre os tipos de culturas de cobertura (Beaumelle et al, 2021).

O controle biológico de pragas é uma estratégia que utiliza organismos vivos ou produtos derivados deles para regular as populações de pragas agrícolas ou urbanas. Em vez de depender exclusivamente de pesticidas químicos, esta abordagem aproveita os inimigos naturais das pragas para reduzir a sua população e minimizar danos nos cultivos ou ambientes urbanos. A introdução controlada de insetos predadores, como joaninhas ou certas espécies de vespas, que se alimentam das pragas ou usam as pragas como hospedeiros para as suas larvas ajudam a controlar as populações de pragas sem prejudicar o ecossistema. A utilização de patogénicos microbianos específicos para as pragas, como fungos ou bactérias, que infetam e matam as pragas, por exemplo, *Bacillus thuringiensis* (Bt), que é eficaz contra algumas larvas de insetos. Outras estratégias passam pelo uso de feromonas sexuais para interromper o ciclo reprodutivo das pragas, confundindo-as no acasalamento e reduzindo a sua capacidade de reprodução, a

emissão de substâncias químicas, por parte das plantas, que repelem pragas ou atraem inimigos naturais delas e a promoção de habitats favoráveis aos inimigos naturais das pragas, como a preservação de áreas naturais próximas aos campos agrícolas ou a criação de corredores ecológicos para favorecer a biodiversidade. O controle biológico é considerado uma alternativa mais sustentável e de menor impacto ambiental em comparação com os pesticidas químicos. No entanto, a sua eficácia pode variar com base em fatores como o ambiente, o tipo de praga e as condições locais. É importante entender as dinâmicas do ecossistema local para implementar estratégias eficazes de controle biológico (Fontes *et al*, 2020).

2.9 - Armadilhas “Pitfall”

As armadilhas de solo constituem um método passivo de coleta, que depende da atividade do inseto, fornecendo uma estimativa aproximada do número total de espécies de uma comunidade, além de ser uma metodologia simples e barata para estudos ecológicos. Estas armadilhas de solo são especialmente utilizadas para insetos que caminham sobre o solo, por incapacidade de voo ou por preferência de habitat. Estas armadilhas podem ter a sua eficácia aumentada pela utilização de atrativos, como iscos, e devem ser colocadas no mesmo nível do solo para auxiliar na captura. Estas armadilhas podem ser usadas para a captura de diferentes grupos de animais, desde invertebrados, até pequenos mamíferos (Marchiori, 2016).

As armadilhas pitfall são usadas na captura de pequenos animais terrestres, principalmente invertebrados, como insetos, aranhas, pequenos anfíbios e répteis. Estas consistem num recipiente enterrado ao nível do solo e um líquido no fundo para conservar. Os seres vivos caminham pela superfície e caem no recipiente, incapazes de perceber a diferença de altura entre o solo e o recipiente enterrado. O líquido no fundo impede a fuga dos animais capturados. Os pesquisadores usam armadilhas pitfall para estudos ecológicos, recolhendo informações sobre a diversidade, distribuição e abundância de espécies em determinada área. Estas armadilhas são eficazes para a amostragem de pequenos animais que vivem no solo ou que se movem perto da superfície terrestre (Lopes, 2007).

2.10 - Índice QBS-ar

O índice QBS-ar foi desenvolvido há mais de 10 anos por uma equipa italiana. O termo QBS-ar é a sigla de Qualidade Biológica do Solo (em italiano: Qualità Biologica del Suolo) baseada na comunidade de microartrópodes (ar). O QBS-ar leva em consideração os microartrópodes do solo, invertebrados pertencentes ao filo Arthropoda, com tamanho variado entre 0,2 e 2 mm (mesofauna) **(Menta et al, 2018)**.

O índice QBS-ar, proposto por Pari no ano de 2005, para microartrópodes do solo não calcula a quantidade nem a qualidade das comunidades de microartrópodes nos solos. O QBS-ar é baseado na forma de vida. Baseia-se na atribuição de índices ecomorfológicos (EMI), separando os organismos em grupos com características morfológicas idênticas. Isso é feito com base nas tabelas de índices ecomorfológicos e o QBS-ar é um somatório de valores EMI. A pontuação varia de 1 (formas epiedáficas, vivas na superfície) a 20 (eudáficas, formas vivas do solo profundo). Os microartrópodes mais adaptados de um grupo determina a pontuação geral do EMI para esse grupo. O QBS-ar de uma amostra é uma soma de EMIs de uma determinada amostra. Alguns grupos (por exemplo Diplura e Symphyla) têm um único Valor EMI = 20, porque todas as espécies desses grupos mostram um nível semelhante de adaptação ao solo. Outros grupos têm uma gama de valores EMI (por exemplo Coleoptera, EMI = 1-20), pois nesses grupos há espécies com diferentes níveis de adaptação ao solo (maiores pontuações de EMI são atribuídas a espécies mais adaptadas ao habitat do solo). Os microartrópodes mais altamente adaptados pertencentes a um grupo determinam a pontuação geral do EMI para esse grupo **(Madej et al, 2011)**.

2.11 - Extrator Berlese-Tullgren

A técnica para amostragem da mesofauna do solo é um protocolo denominado extração de Berlese/Tullgren. Foi desenvolvido pela primeira vez por Antonio Berlese, em 1918, como uma forma de libertar e canalizar invertebrados em uma amostra de solo coletado através de um funil, aquecendo a superfície ou as laterais da amostra com uma chama alimentada a gás. O mecanismo explora o comportamento de muitos invertebrados do solo quando confrontados com o aumento da temperatura e diminuição dos gradientes de humidade, movendo-se para zonas de temperatura mais baixa e humidade mais alta. O sistema foi simplificado por Hugo Albert Tullgren, que substituiu a chama de gás por uma lâmpada incandescente acesa acima da superfície do solo. O equipamento resultante, o funil Berlese/Tullgren, tem sido um padrão de investigações ecológicas do solo por muitos anos, com setups oferecidos por vários fabricantes comerciais. Nos últimos tempos, o volume e os altos requisitos de energia das configurações Berlese Tullgren de alto rendimento levaram à sua descontinuação em muitos institutos de pesquisa (Junod *et al*, 2023).

O extrator (Fig.3) consiste em uma estrutura geralmente feita de metal ou plástico, que possui uma base superior e uma inferior conectadas por uma série de divisórias ou uma tela. No topo, há uma fonte de calor, como uma lâmpada incandescente ou um aquecedor, que aquece o solo na base superior do extrator. Este procedimento começa com a recolha de uma amostra de solo que é colocada na base superior do extrator, que pode ser uma bandeja ou um recipiente perfurado para permitir a passagem de calor e a queda dos organismos. A fonte de calor na parte superior do extrator aquece suavemente a amostra de solo. Esse calor faz com que os organismos presentes na camada superficial do solo migrem para camadas mais profundas, buscando condições mais húmidas e frescas. Conforme os organismos se deslocam para evitar o calor, eles passam através das divisórias ou tela para a base inferior do extrator. Geralmente, a base inferior contém uma solução, como álcool ou glicerina, onde os organismos coletados são preservados. Uma vez coletados, os organismos podem ser removidos da solução de preservação e identificados para estudos posteriores, como análises taxonómicas, estudos de diversidade, ecológicos ou de população. Este método é amplamente

utilizado por ecologistas e pesquisadores interessados na fauna do solo, pois permite a coleta não invasiva e relativamente eficaz de uma variedade de organismos microscópicos e pequenos presentes no solo, fornecendo informações valiosas sobre a biodiversidade e a ecologia do ambiente (Bano et al, 2016).

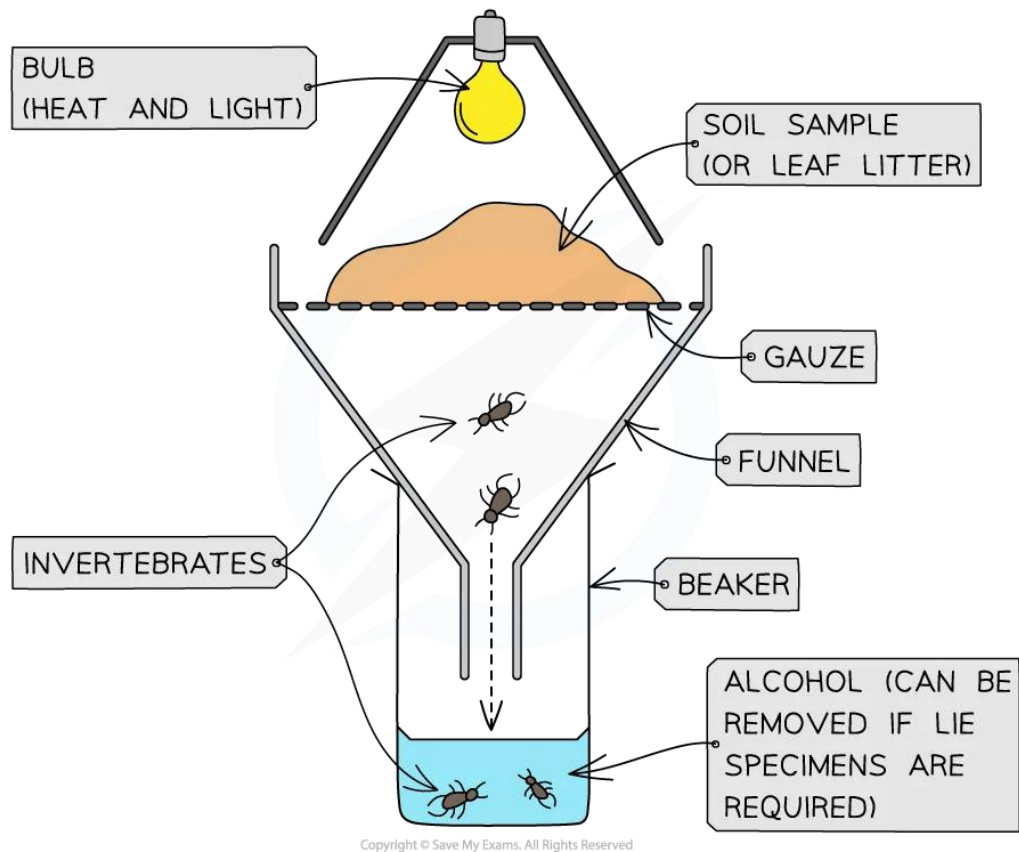


Figura 3 - Extrator Berlese-Tullgren (Bano et al, 2016. Extraction of Soil Microarthropods: A low-cost Berlese Tullgren funnels extractor. International Journal of Fauna and Biological Studies)

2.12 – Índice de Shannon

O índice de diversidade de Shannon (às vezes chamado de índice de Shannon-Wiener) é uma forma de medir a diversidade de espécies dentro de uma comunidade. Observado H , este índice é calculado da seguinte forma: $H = -\sum p_i * \ln(p_i)$. Quanto maior o valor de H , maior a diversidade de espécies em uma determinada comunidade. Quanto menor o valor de H , menor a diversidade. Um valor $H = 0$ indica uma comunidade que possui apenas uma espécie. O índice de uniformidade de Shannon é uma forma de medir a uniformidade das espécies em uma comunidade. O termo “uniformidade” refere-se simplesmente à semelhança na abundância de diferentes espécies dentro da comunidade (Anderson, 2023).

2.13 – Índice de Simpson

O índice de Simpson considera a proporção do total de ocorrências de cada espécie, isto é, quanto menor é a diversidade, maior é o valor de “ D ”. Este índice aproxima o seu resultado de zero, quanto maior for a riqueza de espécies distribuídas equitativamente. O índice captura a variância da distribuição da abundância de espécies, fazendo dele um dos mais significativos e robustos métodos de medida de diversidade disponível. A equação proposta por Simpson calcula a probabilidade de amostras aleatórias incluírem dois indivíduos quaisquer como pertencentes à mesma espécie (Lima et al, 2017).

2.14 - Artrópodes Bioindicadores

Os artrópodes constituem o maior e mais diversificado grupo de animais do planeta. Este grupo inclui uma vasta gama de organismos de entidades biológicas diferentes, como insetos, aracnídeos (aranhas, escorpiões), crustáceos (caranguejos, camarões), miriápodes (centopeias, piolhos-de-cobra) e outros. O que os torna distintos é a presença de um exoesqueleto rígido, um corpo segmentado e apêndices articulados. Eles habitam uma variedade de ambientes, desde os oceanos até as regiões terrestres, desempenhando papéis vitais nos ecossistemas como decompositores, polinizadores, predadores e presas. Os artrópodes exibem uma incrível diversidade de formas e funções, adaptando-se a uma ampla gama de condições ambientais. As suas características físicas e comportamentais únicas contribuem para sua importância ecológica e para a vida quotidiana dos seres humanos **(Dobler et al, 2015)**.

Os artrópodes terrestres foram recentemente reconhecidos como indicadores eficientes do funcionamento do ecossistema daí a sua utilidade em programas de monitorização de biodiversidade ou avaliação da recuperação de áreas degradadas. Alguns dos atributos dos artrópodes terrestres incluem a sua ampla diversidade e capacidade de ocupar microhabitats e nichos específicos, além de desempenhar múltiplos papéis ecológicos. Em geral, são altamente sensíveis às variações climáticas, mudanças na cobertura vegetal, elementos poluentes, práticas de gestão, etc. Essa capacidade de resposta tem sido relacionada a múltiplas características dos artrópodes como: tamanho do corpo, taxa de crescimento, capacidade de dispersão, adaptação às condições microclimáticas, curtos ciclos reprodutivos e importância nas cadeias tróficas e fluxo de nutrientes do sistema **(Herrera e Cuevas, 2003)**.

2.14.1 - Classe Arachnida

2.14.1.1 - Ordem Araneae

As aranhas são frequentemente utilizadas como bioindicadores devido à sua sensibilidade a alterações ambientais e ao seu papel crucial nos ecossistemas. O número e diversidade de espécies de aranhas em uma área podem ser usados como indicadores da saúde ecológica e da biodiversidade desse local. Como predadores importantes, as

aranhas são sensíveis às flutuações nas populações de suas presas. Alterações nos números ou na distribuição das aranhas podem indicar mudanças na estrutura e funcionamento do ecossistema local, estas ajudam no controle natural de pragas e alimentarem-se de insetos. O aumento ou diminuição de populações de aranhas pode indicar desequilíbrios na cadeia alimentar ou surtos de pragas. As aranhas são sensíveis a variações climáticas e podem ser usadas para monitorar o impacto dessas mudanças em ecossistemas específicos. Durante projetos de restauração ambiental, o retorno de populações saudáveis de aranhas pode indicar a eficácia das ações de recuperação do habitat **(Francisco, 2011)**.

2.14.1.2 – Ordem Opiliones

Os opiliões representam a quarta maior ordem em diversidade dentro da classe Arachnida. São facilmente encontrados a andar sobre o solo, nas folhas, sobre pedras, em troncos podres e sobre a vegetação. Diferente dos demais artrópodes os opiliões possuem uma capacidade muito baixa de dispersão, grande sensibilidade as alterações do ambiente e alto grau de endemismo, o que dificulta sua capacidade de colonizar novos habitats. São ecologicamente caracterizados por sua grande influência na reciclagem de matéria orgânica e no ciclo de nutrientes, são considerados dos maiores bioindicadores de áreas com impactos de ação antrópica, sendo perceptível a escassez de espécies em áreas fortemente antropizadas e bastante abundantes em áreas mais conservadas **(Santos, 2022)**.

2.14.1.3 - Sub-classe Acari

Os microartrópodes são membros da mesofauna do solo, definidos como organismos entre 200 µm e 2 mm de tamanho. Os dois táxons de microartrópodes dominantes são os colêmbolos e ácaros (Acari). Os ácaros são mais taxonomicamente e funcionalmente diversos do que os colêmbolos. Algumas espécies de ácaros impactam diretamente a decomposição, triturando matéria orgânica, estimulando a atividade microbiana e alterando a dinâmica da comunidade microbiana. Os ácaros predadores podem desempenhar um papel dominante na cadeia alimentar do solo. Por meio dessas

atividades, os ácaros influenciam e regulam a decomposição da matéria orgânica, alteram a estrutura do solo, controlam pragas e aumentam a disponibilidade de nutrientes (Reilly *et al*, 2023).

2.14.2 - Classe Entognatha

2.14.2.1 – Ordem Collembola

Os colêmbolos são pequenos artrópodes que desempenham um papel fundamental na decomposição da matéria orgânica e no ciclo de nutrientes no solo. São frequentemente utilizados como bioindicadores devido à sua sensibilidade a mudanças ambientais e à sua presença numa variedade de ecossistemas terrestre. Os colêmbolos são sensíveis a alterações no ambiente, como mudanças na humidade, temperatura, pH e níveis de poluição. Variações nessas condições podem afetar a sua população, diversidade e atividade. Encontramo-los em praticamente todos os tipos de solo, desde florestas até ambientes urbanos, tornando-os úteis como indicadores. A sua atividade na decomposição da matéria orgânica influencia o ciclo de nutrientes, afetando a disponibilidade de nutrientes no solo para outras plantas e organismos. Devido ao seu ciclo de vida curto e rápida reprodução, os colêmbolos podem refletir mudanças ambientais num curto período, o que os torna úteis para a avaliação ambiental. A sua interação com micro-organismos do solo e sua posição na cadeia alimentar do ecossistema terrestre fornecem informações sobre a saúde e a estrutura do solo (Stöcker *et al*, 2017).

2.14.3 - Classe Insecta

2.14.3.1 - Ordem Coleoptera

Os coleópteros podem ser encontrados em quase todo o tipo de e apresentam regimes alimentares dos mais variados, tanto na forma larval como nos adultos. Muitos de seus representantes são atualmente utilizados como bioindicadores da qualidade ou degradação ambiental, em vista da sua grande relação com o ecossistema em que vive. Dentre as qualidades atribuídas à ordem Coléoptera para utilizá-la como indicadora ambiental, estão a grande diversidade de espécies e a grande abundância, o fato de

ocuparem os mais diversos nichos ecológicos e por apresentarem grande diversidade de hábitos alimentares. Em vista dos aspectos ressaltados, vários trabalhos restringiram-se a estudar unicamente os carabídeos, não apenas na busca de informações sobre a diversidade, mas também na possível utilização da ordem como indicadora ambiental **(Silva et al, 2011)**.

2.14.3.2 – Ordem Hymenoptera

Os Himenópteros têm sido considerados indicadores ecológicos úteis, maioritariamente devido à composição e riqueza das suas comunidades, sendo destas, a família Formicidae o bioindicador mais vastamente utilizado. As formigas consideram-se bons indicadores ambientais e excelentes indicadores de biodiversidade, sendo dos indicadores mais úteis que podem ser usados em qualquer programa de monitorização relativo a diferentes aspectos de um sistema **(Gerlach et al, 2013)**.

As comunidades de formigas correlacionam-se com as variáveis edáficas, práticas de cultivo, e uso de pesticidas, adequando-se dessa forma como bioindicador em ecossistemas agrícolas. As formigas consideram-se componentes importantes dos ecossistemas, não apenas por constituírem uma grande parte da biomassa animal, mas também por agirem como engenheiras do ecossistema. Os seus processos subterrâneos alteram as propriedades físicas e químicas do ambiente edáfico com efeitos nas plantas e outros organismos, afetando direta e indiretamente os fluxos de materiais e energia. Estas podem pertencer a vários níveis tróficos como recolhedoras, predadoras ou melívoras **(Folgarait, 1998)**.

3 - Material e Métodos

3.1 – Campos de estudo

O ensaio experimental foi realizado em dois campos, ambos no concelho da Golegã. No campo A, Quinta S. João de Brito (Fig. 4), foi instalada uma sucessão de culturas tendo o agricultor cultivado milho. A parcela foi dividida em três modalidades, testemunha, uma mistura biodiversa com gramíneas, leguminosas e brássicas (MIS1) e uma mistura biodiversa com azevém (MIS2). No campo B, na Quinta Casal das Freiras (Fig. 5), o sistema cultural praticado foi a sucessão de culturas, o milho foi a cultura instalada nesta campanha. As modalidades avaliadas foram: consociação e testemunha.

O quadro 1 apresenta as características dos dois campos em estudo.

Quadro 1 - Características de campos em estudo

Campo	A	B
Localização	Golegã	Golegã
Exploração	Quinta S. João de Brito	Quinta Casal das Freiras
Sistema cultural	Sucessão	Sucessão
Modalidades	Testemunha MIS1 MIS2	Testemunha Consociação

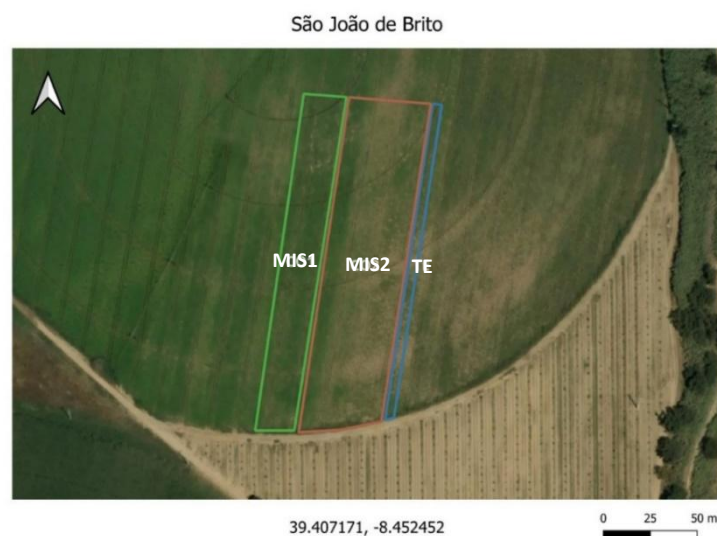


Figura 4 - Localização Campo São João de Brito e modalidades (Fonte: Mário Duarte)

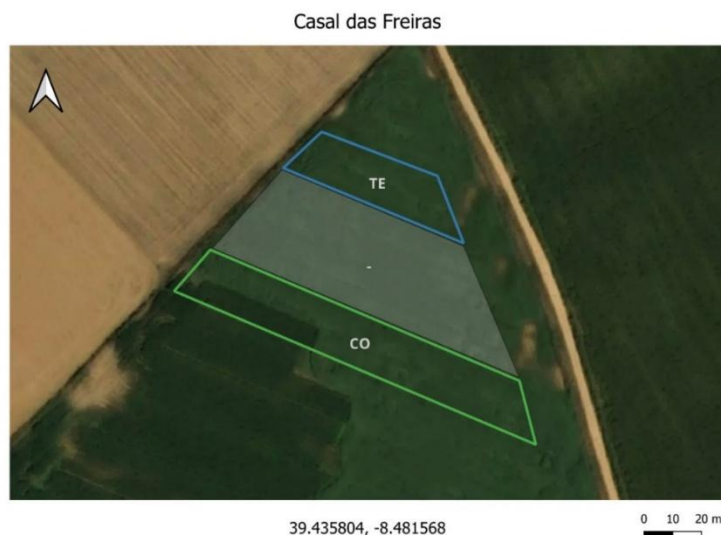


Figura 5 - Localização Campo Casal das Freiras e modalidades (Fonte: Mário Duarte)

3.2 – Delineamento Experimental

3.2.1– Armadilhas do tipo “pitfall”

A instalação das armadilhas “*Pitfall*” foi feita no Campo São João de Brito. O quadro 2 apresenta o delineamento experimental executado, foram instaladas 27 armadilhas, divididas pelas 3 modalidades, testemunha, MIS1 e MIS2. A figura 6 mostra o esquema de instalação das armadilhas.

Quadro 2 - Delineamento Experimental para armadilhas do tipo “pitfall” no Campo São João de Brito

Parâmetro	Descrição
Nº de repetições	27
Variável em estudo	Nº de artrópodes capturados
Distância entre armadilhas	3m entre armadilhas 40m entre cada grupo de 3 armadilhas
Tipos de parcelas	3 (testemunha e culturas de cobertura)



Figura 7 - Esquema de instalação das armadilhas "Pitfall" no Campo São João de Brito

3.2.2.- Recolha de amostras de solo – Índice Qbs-ar

O índice QBS-ar foi obtido a partir da recolha de amostras de solo. O quadro 3 apresenta o delineamento experimental executado. Em cada modalidade foram recolhidas 12 amostras de solo, de forma aleatória e distribuída pela parcela. Este método de análise foi efetuado nos dois campos em estudo. A figura 8, exemplifica a distribuição feita no Campo Casal das Freiras.

Quadro 3 - Delineamento Experimental para recolha de amostras de solo

Parâmetro	Descrição
Nº de repetições por modalidade	12
Variável em estudo	Valor do índice QBS-ar
Distância entre picagens	Distribuídos pela parcela
Tipos de parcelas	2 (Casal das Freiras) 3 (Quinta São João de Brito)



Figura 8 - Esquema de recolha de amostras de solo

3.3 – Instalação das armadilhas

Ambas as parcelas em estudo foram divididas em modalidades, no campo A a parcela foi dividida em 3 modalidades (testemunha, MIS1 e MIS2) e no campo B em 2 modalidades (testemunha e consociação). Ao longo do ensaio, em ambas as parcelas, foram feitas três recolhas de amostra, o quadro 4 apresenta as datas e as fases da cultura em que as armadilhas foram instaladas. A primeira instalação foi executada em março com a cultura de cobertura em crescimento (Fig.8), a segunda no mês de junho onde já estava instalada a cultura principal (Fig.9) e a terceira no mês de julho, numa fase mais avançada da cultura principal (Fig.10).

Quadro 4 – Datas e fases das culturas na instalação das armadilhas

Fases	Datas
Cultura de cobertura instalada	23 de março
Cultura principal numa fase inicial	12 de junho
Cultura principal numa fase avançada	19 de julho



Figura 9 - Cultura de cobertura instalada



Figura 10 - Fase inicial da cultura principal



Figura 11 – Fase avançada da cultura principal

3.4 – Técnicas de amostragem

Na realização deste trabalho foram utilizados dois tipos de técnicas de amostragem. As armadilhas tipo “Pitfall”, que permitem capturar artrópodes de superfície, ao nível do solo e a aplicação do índice QBS-ar, que a partir da recolha de amostras de solo atribui um valor EMI aos artrópodes capturados.

3.4.1 – Amostragem de artrópodes com armadilhas tipo “Pitfall”

As armadilhas “Pitfall” (Fig. 11) consistem na instalação de um frasco ao nível do solo, onde foi adicionado um líquido conservante, etilenoglicol (50%). As armadilhas ficaram sete dias no campo e, para proteção, foi colocada uma campânula para que a precipitação, a água da rega e outros agentes externos não influenciassem os resultados. Para auxiliar na localização das armadilhas, principalmente na fase mais avançada da cultura, foi colocada uma cana na primeira armadilha.



Figura 12 - Instalação das armadilhas Pitfall (Fonte: Leonardo Santos)

Após os sete dias, as armadilhas foram retiradas, limpas, identificadas e transportadas para laboratório (Fig.12).



Figura 13 - Recolha das armadilhas Pitfall (Fonte: Leonardo Santos)

Num *erlenmeyer* colocou-se um funil, um papel de filtragem identificado com o número e a modalidade da amostra. A amostra foi filtrada para retirar os artrópodes do líquido conservante. Com o auxílio de um microscópio e da pinça, pincel e agulha de dissecação, foi feita a separação dos artrópodes de outros materiais presentes na amostra como restos de material vegetal e terra (Fig.13).



Figura 14 - Filtragem e separação do material recolhido (Fonte: Leonardo Santos)

Após a separação os artrópodes foram colocados na placa de Petri e posteriormente separados em morfotipos, numerados e colocados numa placa de esferovite. Por último, cada morfotipo foi fotografado em diversas posições e identificado relativamente à classe, ordem, família, género e espécie, sempre que possível (Fig.14).



Figura 15 - Separação, numeração e identificação de artrópodes (Fonte: Leonardo Santos)

3.4.2 – Amostragem de artrópodes com aplicação do índice QBS-ar

A recolha de amostra foi feita com recurso a uma sonda de solos (Fig. 15), o material recolhido foi colocado em sacos de plástico, por modalidade, e transportado para o laboratório.



Figura 16 - Recolha de amostra (Fonte: Leonardo Santos)

No laboratório, as amostras foram colocadas num extrator Berlese-Tüllgren, onde ficaram sete dias. A figura 16 demonstra o processo que foi executado, onde o calor da lâmpada leva a que os artrópodes passem pelo crivo e migrem em direção ao líquido conservativo, etanol a 70%, e fiquem dentro do recipiente.

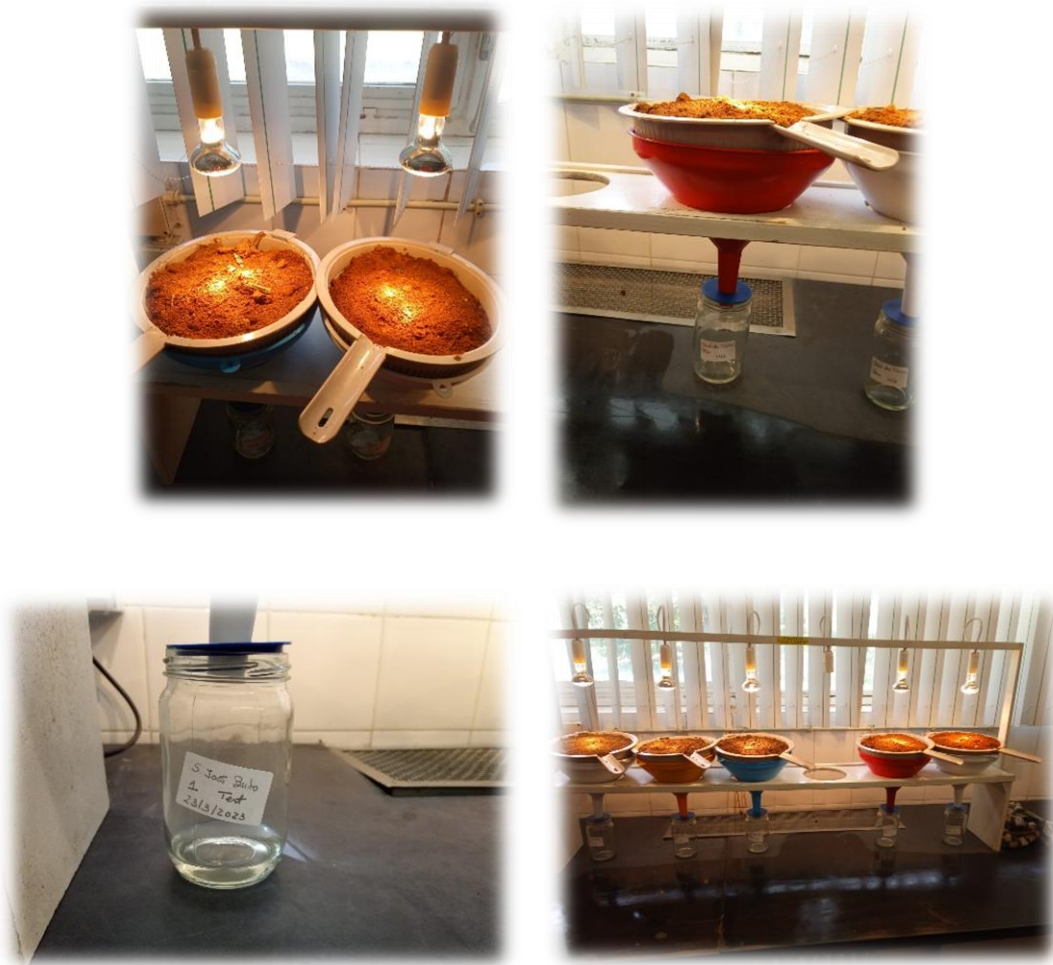


Figura 17 - Amostra no extrator Berlese-Tullgren (Fonte: Leonardo Santos)

Após este procedimento os artrópodes foram colocados em tubos Eppendorf, com etanol a 70%, para que sejam classificados posteriormente (Fig. 17). A cada artrópode será atribuído um valor EMI (Eco Morphological Index), que varia entre 1 e 20, tendo em conta o nível de adaptação ao solo. O valor EMI foi atribuído a partir de uma tabela (Menta et al., 2018) que se encontra em anexo.



Figura 18 - Classificação e atribuição de valor EMI aos artrópodes recolhidos (Fonte: Leonardo Santos)

4 - Resultados e Discussão

4.1 – Captura de artrópodes à superfície pela técnica das armadilhas “Pitfall” (Campo de São João de Brito)

4.1.1 – Morfotipos capturados por modalidade, no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall”)

O quadro 5 e a figura 18 apresentam a diversidade de morfotipos encontrada nas amostras efetuadas. Podemos observar que na recolha efetuada em março a consociação 1, uma mistura biodiversa com gramíneas, leguminosas e brássicas (MIS1) destaca-se, com 123 morfotipos diferentes. Neste caso uma das possíveis causas foi o desenvolvimento de MIS1, que apresentava uma evolução superior comparativamente à MIS2. Na recolha de junho todas as modalidades apresentam valores semelhantes e em julho em ambas as modalidades, o número de morfotipos foi mais reduzido, podendo estar relacionado com o aumento de temperaturas verificado nesse mês ou devido ao encharcamento do solo, causado pela frequência da rega da cultura principal. Os artrópodes capturados movimentam-se à superfície e nesse sentido deslocando-se entre as diferentes modalidades.

Quadro 5 - Morfotipos capturados por modalidade na Quinta de São João de Brito (armadilhas "Pitfall")

Recolhas	Modalidades	Morfotipos
Março	Testemunha	64
	MIS2	73
	MIS1	123
Junho	Testemunha	122
	MIS2	122
	MIS1	121
Julho	Testemunha	78
	MIS2	74
	MIS1	56

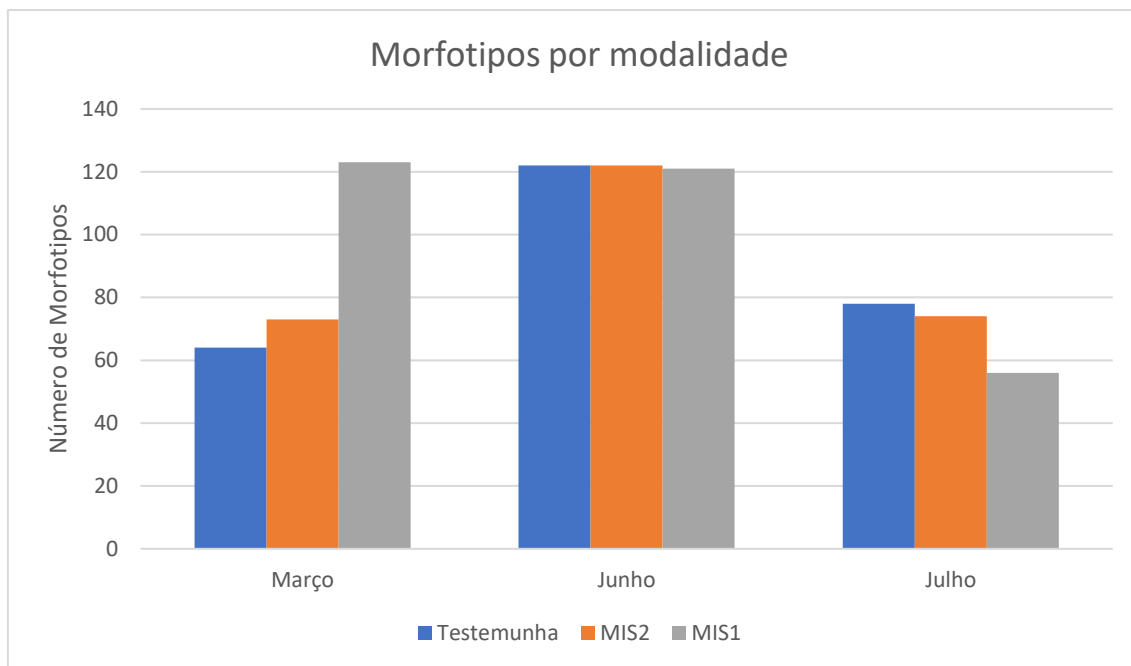


Figura 19 - Morfotipos capturados por modalidade na Quinta de São João de Brito (armadilhas "Pitfall")

4.1.2 – Artrópodes capturados por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas "Pitfall")

O quadro 6 e a figura 19 apresentam o total de artrópodes capturados por modalidade. Analisando os dados obtidos, podemos concluir que na primeira recolha há um número muito superior de artrópodes recolhidos. Esta amostra foi recolhida quando as culturas de cobertura estavam instaladas, podendo esta ser uma das razões. A modalidade testemunha apresenta um valor superior às restantes, estando relacionado com a reduzida dimensão da mesma. A terceira recolha apresentou valores muito inferiores comparativamente às outras duas amostragens. O facto de a cultura principal estar instalada e já numa fase avançada do seu desenvolvimento, onde está sujeita a uma maior frequência de rega e aplicação de produtos fitofarmacêuticos pode ser, a par do aumento das temperaturas, as razões para este decréscimo tão significativo.

Quadro 6 - Artrópodes capturados por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall")

Recolhas	Modalidades	Artrópodes
Março	Testemunha	990
	MIS2	852
	MIS1	892
Junho	Testemunha	530
	MIS2	695
	MIS1	475
Julho	Testemunha	159
	MIS2	148
	MIS1	140

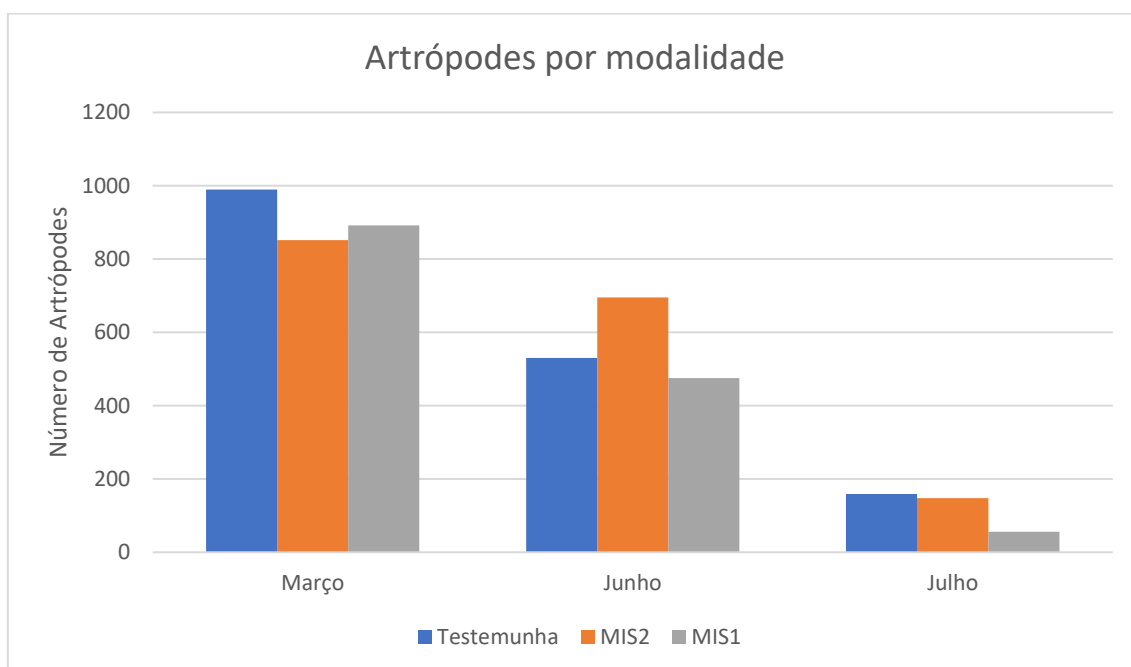


Figura 20 - Artrópodes capturados por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall")

4.1.3 – Artrópodes capturados por amostra, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall)

A figura 20 apresenta o somatório dos artrópodes capturados nas três amostras. Os resultados apresentam uma grande diferença entre a amostra 1, onde foram capturados um total de 2734 artrópodes, a amostra 2 com 1700 artrópodes e a amostra 3 onde foram capturados apenas 447 artrópodes. Esta diferença pode ser justificada pelo aumento da temperatura, tal como referido anteriormente, uma vez que a amostra 1 realizou-se no mês de março e a amostra 3 no mês de julho. Outra causa pode ser a cultura que se encontrava instalada e a fase de desenvolvimento. A amostra 1 foi recolhida quando a cultura de cobertura estava instalada, a amostra 2 foi numa fase inicial da cultura do milho e a amostra 3 foi colhida numa fase avançada estando, por exemplo, mais suscetível à rega e à aplicação de produtos. Em suma podemos concluir que as temperaturas e o estado da cultura têm grande influência na biodiversidade dos solos. Isso ocorre devido à temperatura ser um dos fatores abióticos com maior importância, por afetar a biologia de artrópodes, ocasionando alterações no metabolismo, desenvolvimento e reprodução (Chapman, 1998).

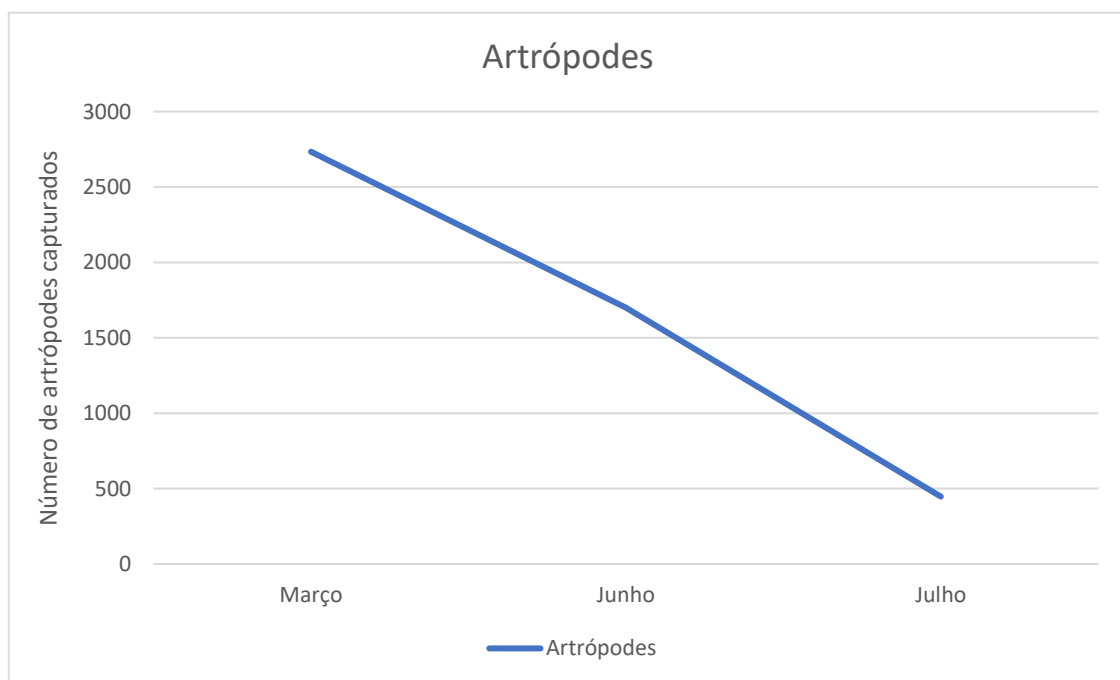


Figura 21 - Artrópodes capturados por amostra, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas “Pitfall)

4.1.4 – Diversidade de artrópodes – Índice de Shannon

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Quadro 7 - Índice de Shannon - Valores de H'

	Recolha 1	Recolha 2	Recolha 3
MIS1	1,697	2,884	2,597
MIS2	2,838	2,001	3,217
Testemunha	1,783	3,058	2,903

O quadro 7 apresenta os valores encontrados através do Índice de Shannon, que mede a diversidade de espécies dentro de uma comunidade. Quanto menor o valor de H, menor a diversidade existente dentro dessa amostra.

Assim, os resultados obtidos mostram que na recolha 1 o MIS2 foi a modalidade que apresentou um valor maior. Na recolha 2 destacamos a modalidade MIS1 e testemunha, ambas com um valor próximo de 3,00. Já na recolha 3, a modalidade MIS2 destaca-se com o valor de 3,217.

4.1.5 – Diversidade de artrópodes – Índice de Simpson

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

Quadro 8 - Índice de Simpson - Valores de "D"

	Recolha 1	Recolha 2	Recolha 3
MIS1	0,435	0,132	0,118
MIS2	0,113	0,373	0,057
Testemunha	0,323	0,073	0,089

O índice de Simpson considera a proporção do total de ocorrências de cada espécie, isto é, quanto menor é a diversidade, maior é o valor de "D" (Lima et al, 2017).

O quadro 8 apresenta os valores de "D" – Dominância. Podemos destacar na recolha 1 a modalidade MIS1 e testemunha e na recolha 2 a modalidade MIS2 cujo seus valores são elevados comparado aos restantes, o que nos mostram que existiu uma menor

diversidade de artrópodes na amostra recolhida. Já na recolha 3 destacamos o valor mais baixo obtido, na modalidade MIS2 (0,057), o que indica uma elevada diversidade na amostra.

4.1.6 – Ordens de artrópodes identificadas, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall”)

Na figura 21, é possível observar o número total de artrópodes recolhidos, distribuídos por classificação taxonómica. As ordens Araneae, Collembola, Diptera e Coleoptera foram as que apresentam uma maior diversidade de morfotipos.

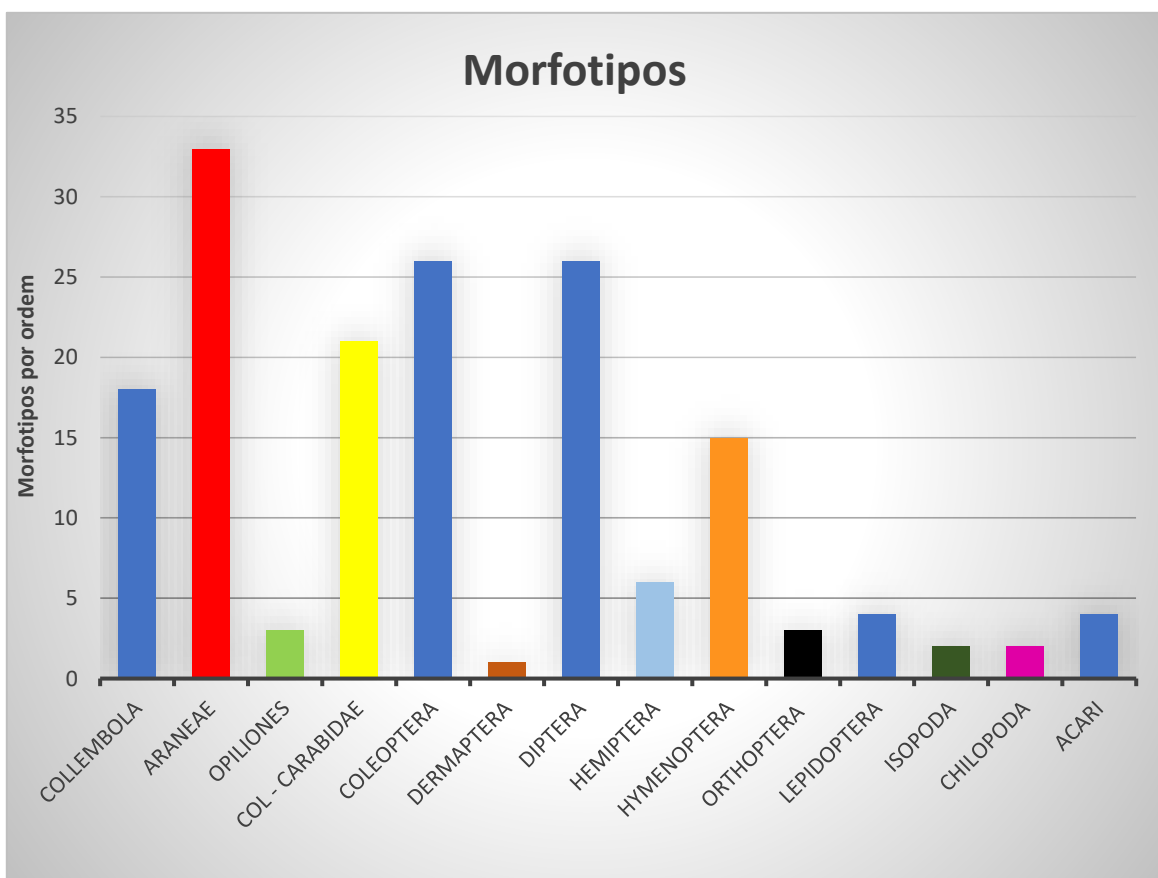


Figura 22 - Ordens de artrópodes capturadas, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas “Pitfall”)

4.1.7 – Número total de artrópodes divididos por classificação taxonómica, na Quinta de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall”)

A figura 22 apresenta as ordens de artrópodes capturados em cada uma das modalidades do Campo São João de Brito, no conjunto das três recolhas. Nas modalidades onde existiu uma cultura de cobertura, MIS1 e MIS2, é de destacar a subclasse Acari, que representa, em ambas uma grande percentagem do total de artrópodes capturados. Os ácaros são excelentes indicadores de alterações nos ecossistemas, desempenham um papel muito importante no controlo de pragas e estimulam a atividade microbiana (Reilly *et al*, 2023). É possível também destacar a percentagem de artrópodes da ordem Collembola, Diptera e Coleoptera. A modalidade testemunha apresenta resultados diferentes, destaca-se a ordem Collembola, que representa cerca de 40% do total de artrópodes capturados na modalidade. A ordem Collembola apresenta uma grande sensibilidade a mudanças no ecossistema e tem um papel importante na decomposição da matéria orgânica (Novaes, 2016). As ordens Diptera e Coleoptera apresentam também uma percentagem superior às restantes.

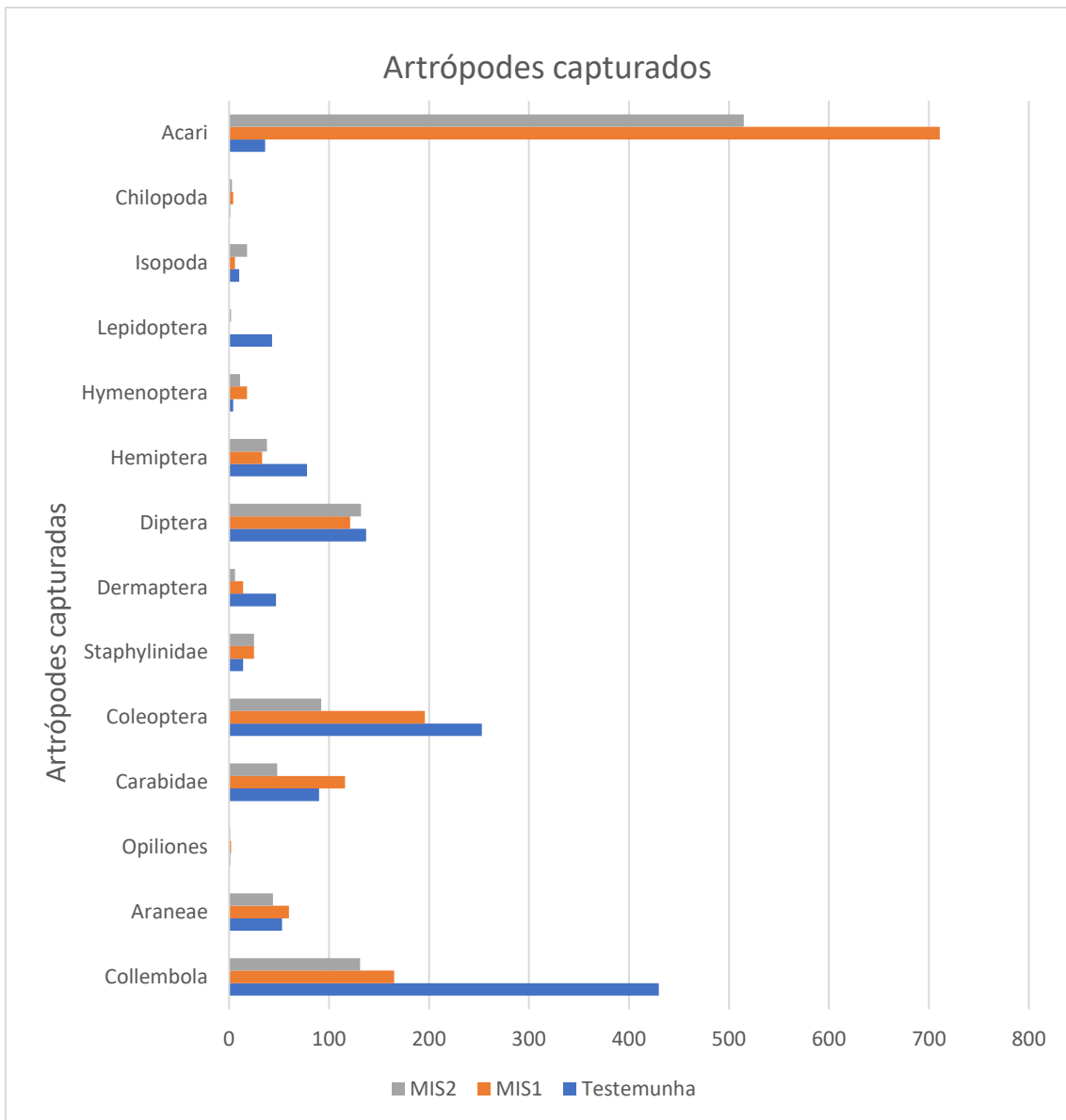


Figura 23 - Ordens de artrópodes capturadas por modalidade, na Quinta de S. João de Brito (armadilhas "Pitfall")

4.1.8 – Catálogo de Artrópodes no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall”)

A figura 23 apresenta os artrópodes capturados, no campo São João de Brito, a partir do método das armadilhas Pitfall.


































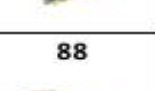


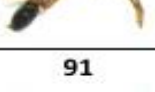



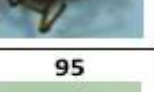






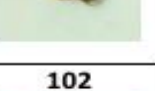






































































55 	56 	57 	58 	59 	60 
61 	62 	63 	64 	65 	66 
67 	68 	69 	70 	71 	72 
73 	74 	75 	76 	77 	78 
79 	80 	81 	82 	83 	84 
85 	86 	87 	88 	89 	90 
91 	92 	93 	94 	95 	96 
97 	98 	99 	100 	101 	102 
103 	104 	105 	106 	107 	108 
109 	110 	111 	112 	113 	114 
115 	116 	117 	118 	119 	120 
















Figura 24 - Catálogo de Artrópodes no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas "Pitfall")

4.1.9 – Catálogo de artrópodos capturados por ordem no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas “Pitfall”)

A figura 24 apresenta os artrópodos capturados, por ordem, no campo São João de Brito, a partir do método das armadilhas Pitfall.

Araneae	5 	6 	9 	17 	19 
29 	34 	38 	41 	48 	60 
70 	78 	83 	85 	87 	89 
94 	96 	99 	108 	123 	127 
130 	131 	137 	141 	144 	147 
149 	154 	159 	167 	169 	Collembola
36 	56 	79 	80 	84 	97 
107 	119 	120 	122 	129 	135 
136 	139 	140 	148 	150 	152 

153 	Opiliones	45 	81 	88 	Diptera
12 	15 	16 	25 	28 	30 
31 	37 	44 	50 	53 	58 
61 	66 	73 	93 	105 	106 
111 	112 	121 	128 	134 	143 
163 	166 	170 	Carabidae	1 	2 
4 	32 	39 	54 	67 	77 
82 	92 	103 	124 	132 	145 
156 	157 	Grillidae	55 	104 	162 
Formicidae	8 	22 	35 	59 	63 































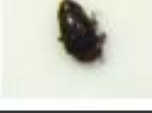




















72 	109 	116 	133 	Hymenoptera	7 
23 	102 	114 	115 	146 	168 
Coleoptera	3 	11 	13 	20 	21 
27 	43 	46 	51 	57 	65 
86 	90 	95 	100 	138 	151 
158 	161 	171 	Chilopoda	62 	126 
Isopoda	71 	110 	Dermaptera	86 	Lepidoptera
42 	142 	160 	164 	Staphylinidae	18 
26 	91 	98 	125 	113 	Acari
10 	40 	52 	165 	Hemiptera	14 



Figura 25 - Catálogo de artrópodes capturados por ordem no campo de S. João de Brito (Método das armadilhas

4.2 – Índice QBS-ar

4.2.1 – Campo São João de Brito por modalidade

O quadro 9 apresenta os valores EMI obtidos através do índice QBS-ar, para os artrópodes capturados no campo São João de Brito. Podemos observar (Fig. 25) que a modalidade MIS2 é a que apresenta um valor EMI superior nas três amostras efetuadas. Estes valores demonstram-se coerentes com resultados obtidos por Menta et al. (2018), Jerez-Valle et al., 2014 e Sapkota et al., 2018, que referem índices QBS-ar superiores em parcelas geridas com práticas conservativas (Duarte, 2022).

Apesar de nas amostras 1 e 2 as modalidades apresentarem valores semelhantes, na amostra 3 a modalidade testemunha mostra um valor EMI muito baixo, onde apenas uma ordem foi classificada. Assim podemos sugerir que as culturas de cobertura podem ter tido influência no fomento à biodiversidade, apesar de os valores ficarem bastante abaixo de 93.7, valor considerado por Menta *et al.* (2018) como o mínimo para um solo de alta qualidade.

Quadro 9 - Índice QBS-ar no Campo São João de Brito por modalidade

Recolhas	Março			Junho			Julho		
	T	MIS2	MIS1	T	MIS2	MIS1	T	MIS2	MIS1
Morfotipos	10	10		8	20	10	10	10	10
Collembola	10	10		20	20	20	20	20	
Acari	20	20	20				10		
Coleoptera		1	1				10		
Coleo. larva		10	10	10			10	10	
Diptera					1	1	1		
Outras larvas							10		
QBS-ar	30	41	31	38	41	31	10	61	20

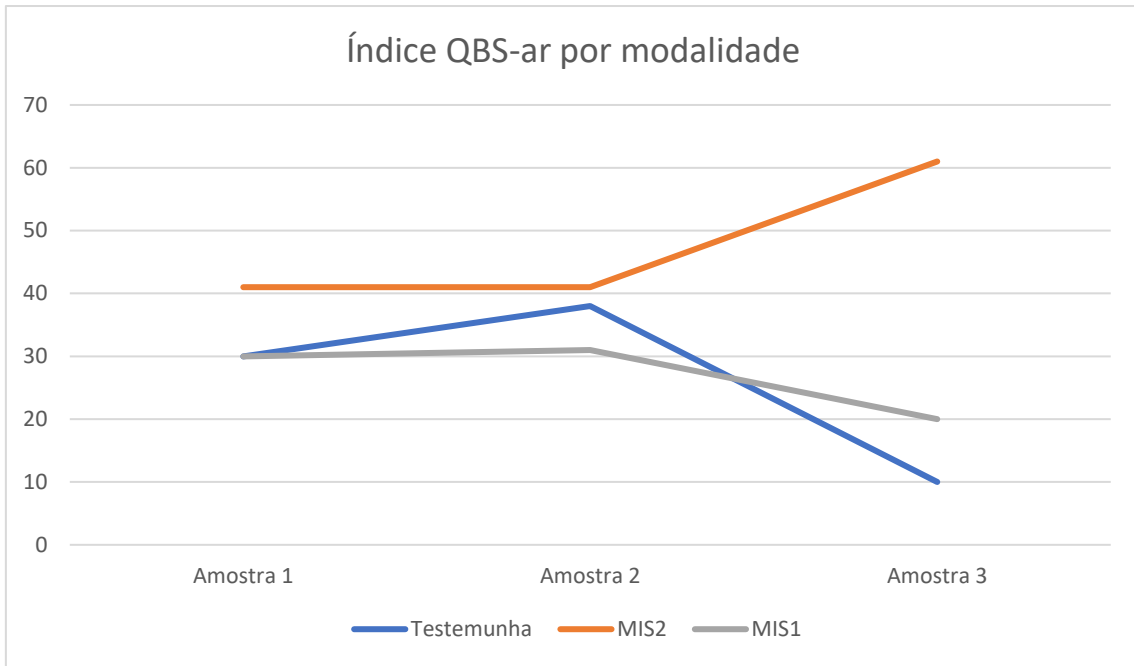


Figura 26 - Índice QBS-ar no Campo São João de Brito por modalidade

4.2.1.1 – Catálogo de artrópodes capturados no Campo São João de Brito (Índice QBS-ar).

A figura 26 apresenta os artrópodes capturados, no campo São João de Brito, a partir do método de recolha de amostra de solo para obtenção do Índice QBS-ar.

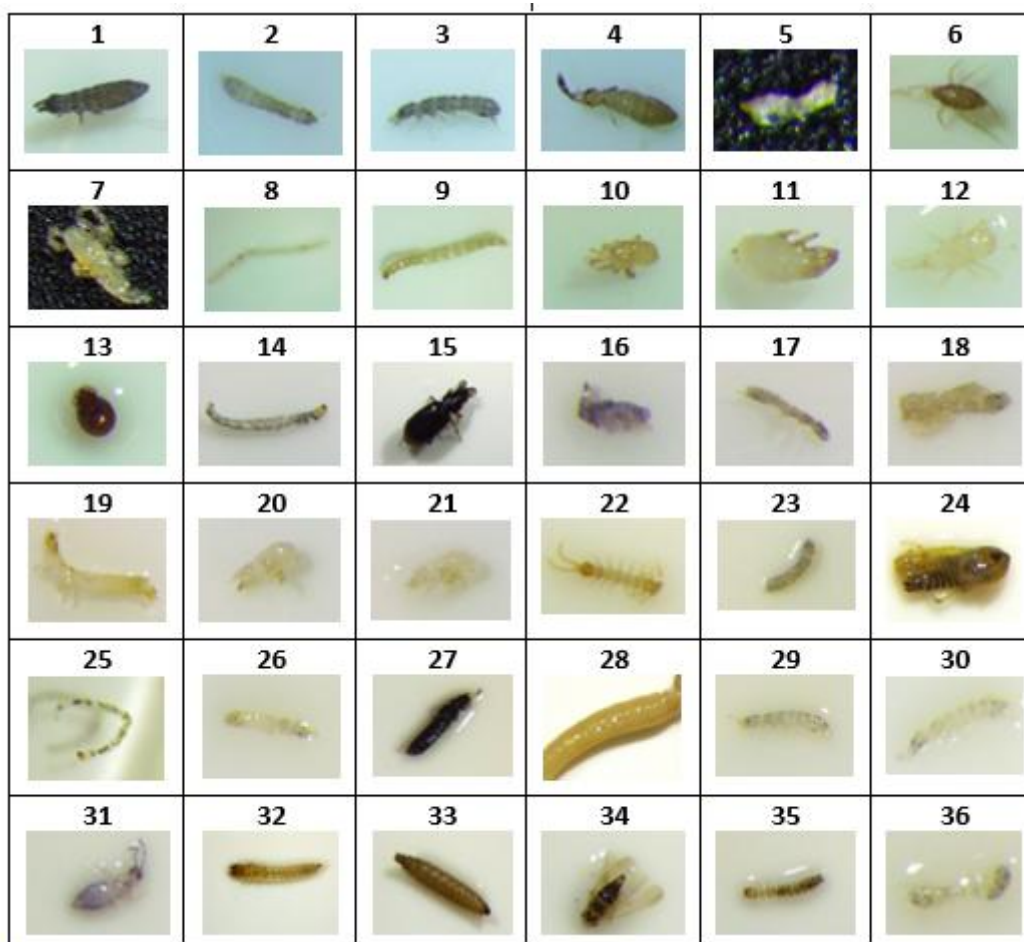


Figura 27 - Catálogo de artrópodes capturados no Campo São João de Brito

4.2.2 – Campo Casal das Freiras por modalidade

O quadro 10 apresenta o índice QBS-ar das modalidades do campo Casal das Freiras. Ao analisar os dados e com apoio da figura 27 não conseguimos tirar qualquer conclusão relativamente às diferenças entre modalidades, no entanto, neste campo não se realizou cultura de cobertura, tendo-se plantado couve-brócolo. De qualquer forma, na amostragem de março, a consociação apresentou um valor superior à testemunha, o que não aconteceu nas outras duas recolhas, com uma diferença maior na recolha de julho.

Uma possibilidade para o índice inferior da modalidade consociação em determinados locais, poderá estar relacionada com as práticas de mobilização relacionadas com a instalação da cultura de cobertura. Segundo Jacobsen et al., 2022 e Sapkota et al. (2018), distúrbios ao solo dificultam a persistência das populações de artrópodes na paisagem agrícola.

Quadro 10 - Índice QBS-ar no Campo Casal das Freiras por modalidade

Recolhas	Março			Junho			Julho	
	T	C		T	C		T	C
Morfotipos								
Collembola	10	10		10	8		8	10
Acari	20	20		20	20		20	20
Coleoptera larva		10		10	10		10	
Diptera	1			1	1		1	
Qbs-ar	31	40		41	39		39	30

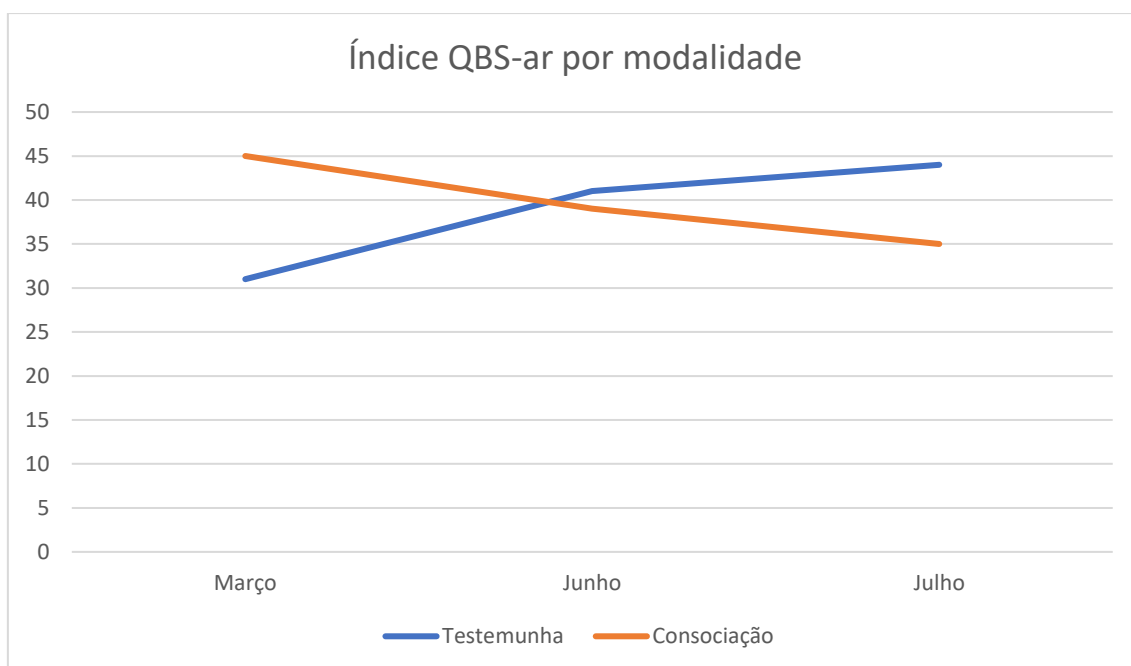


Figura 28 - Índice QBS-ar no Campo Casal das Freiras por modalidade

4.2.2.1 – Catálogo de artrópodes capturados no Campo Casal das Freiras

A figura 28 apresenta os artrópodes capturados, no campo Casal das Freiras, a partir do método de recolha de amostra de solo para obtenção do Índice QBS-ar

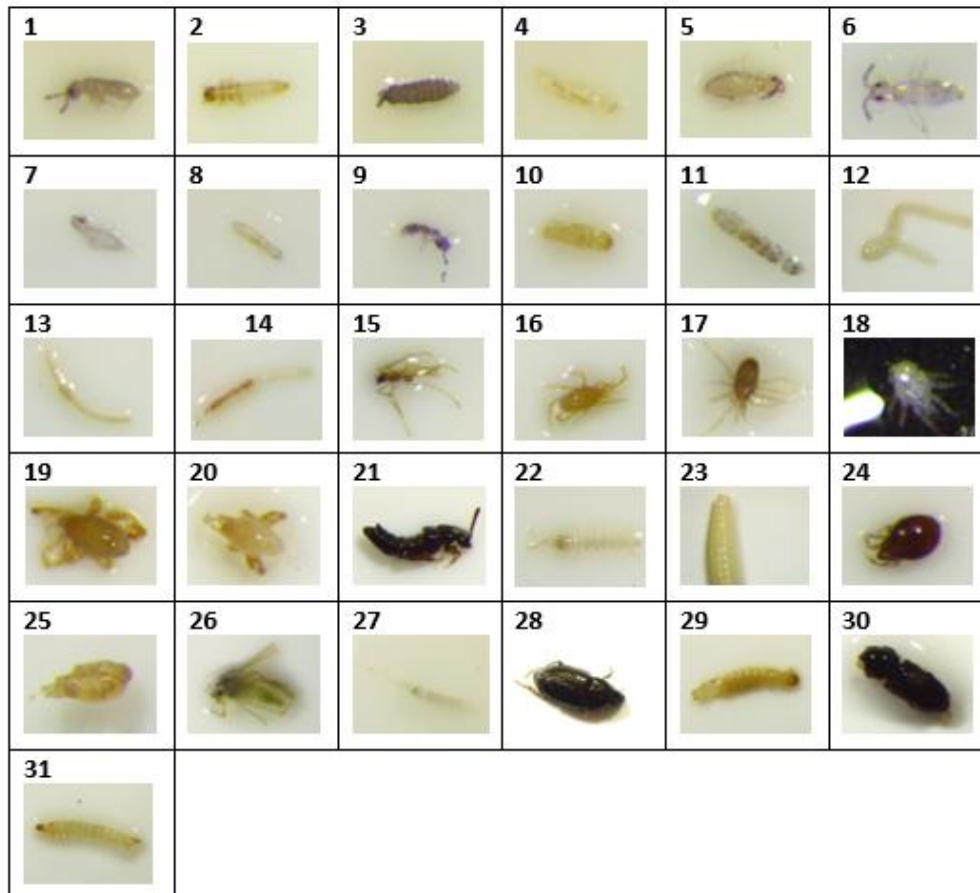


Figura 29 - Catálogo de artrópodes capturados no Campo Casal das Freiras

4.3 – Comparação entre os dois métodos de captura de artrópodes. Armadilhas “Pitfall” e captura por sonda (índice QBS-ar)

4.3.1 – Deslocações ao campo em cada um dos métodos

Uma das comparações que podemos fazer entre as armadilhas Pitfall e o Índice QBS-ar são as deslocações que foram feitas ao campo e as despesas inerentes. As armadilhas pitfall necessitam, por cada amostra, de duas deslocações ao campo, uma para instalar as armadilhas e outra, passados 7 dias, para recolher as armadilhas. Para a obtenção do Índice QBS-ar necessitamos apenas de uma deslocação ao campo por cada amostra. Considerando que a o laboratório da Escola Superior Agrária de Santarém se encontra a 39 km, e como podemos ver no quadro 11, para as amostras Pitfall foram feitos 568 km ao passo que, na recolha de amostras de solo para obtenção do Índice QBS-ar foram feitos 234km.

Quadro 11 - Deslocações entre métodos

Armadilhas Pitfall	Deslocações	Índice QBS-ar	Deslocações
Amostra 1	4x39km = 156km	Amostra 1	2x39km = 78km
Amostra 2	4x39km = 156km	Amostra 2	2x39km = 78km
Amostra 3	4x39km = 156km	Amostra 3	2x39km = 78km
Total	568 km	Total	234 km

4.3.2 – Número de amostras trabalhadas em cada um dos métodos

Podemos também estudar o número de amostras trabalhadas em cada um dos métodos. Nas armadilhas Pitfall, em cada modalidade foram instaladas 9 armadilhas, totalizando 27 armadilhas em cada uma das 3 recolhas, cada armadilha é analisada de forma individual, o que dá um total de 81 amostras. Na obtenção do Índice QBS-ar, em cada modalidade foram feitas 12 picagens que resultaram numa única amostra. No campo São João de Brito há 3 modalidades, o que perfaz um total de 9 amostras para análise, no total das três recolhas efetuadas. O quadro 12 apresenta o tempo despendido em ambos os métodos, admitindo que uma amostra Pitfall demora em média 20 minutos a ser tratada e uma amostra para obtenção do índice QBS-ar demora, em média, 45 minutos. Como podemos observar as armadilhas Pitfall demoraram 27 horas a ser tratadas ao passo que as amostras para obtenção do Índice QBS-ar demoraram 6 horas e 45 minutos.

Quadro 12 - Amostras trabalhadas por método

Armadilhas Pitfall	Deslocações
Amostra 1	27x20min = 540min
Amostra 2	27x20min = 540min
Amostra 3	27x20min = 540min
Total	1620 min = 27 horas

Armadilhas Qbsar	Deslocações
Amostra 1	3x45min = 135min
Amostra 2	3x45min = 135min
Amostra 3	3x45min = 135min
Total	405min = 6,75 horas

5- Conclusão

A utilização de culturas de cobertura é uma prática que pode trazer benefícios para a estrutura e biodiversidade encontrada nos solos. Com a modernização da agricultura as práticas sustentáveis devem fazer cada vez mais parte do dia a dia dos agricultores. Os resultados obtidos nos campos em estudo, principalmente na Quinta São João de Brito apresentaram abundância e diversidade em artrópodes no solo, com alguma tendência para maior diversidade nas modalidades com cultura de cobertura, já implementadas há alguns anos (desde 2017). Foi notório que com o aumento das temperaturas e com o crescimento da cultura principal, houve uma redução muito significativa da quantidade de artrópodes. Os valores na 1ª amostra(março), com 2734 artrópodes capturados, mostram a disparidade que existiu com os artrópodes capturados na 3ª amostra(julho), onde os valores foram de apenas 447 artrópodes capturados. Foram ainda identificados morfotipos de 14 ordens distintas, com destaque para a ordem Coleptera(47 ordens), Araneae (33 ordens) e Diptera(21 ordens). Os resultados do Índice QBS-ar mostram que os valores de ambos os campos estão muito abaixo daquele que está estabelecido com um valor para um solo com bom índice (93,7).

Podemos assim concluir que:

- Os dois métodos de captura de artrópodes têm de ser utilizados de forma complementar e não como métodos alternativos;
- O método QBS – ar apresenta um tratamento das amostras mais célere e prático;
- Nas armadilhas Pitfall não foi possível observar o efeito das culturas de cobertura, muito provavelmente pela reduzida dimensão da modalidade testemunha;
- O estado da cultura e a subida das temperaturas parecem afetar a biodiversidade em artrópodes de solo;
- Com os valores do índice QBS-ar abaixo do considerado, é importante implementar medidas com o objetivo de fomentar a biodiversidade em profundidade.

Em suma e por análise dos dados podemos concluir que os dois métodos utilizados neste trabalho complementam-se e podem ser utilizados para avaliar a qualidade biológica do solo. No entanto, a escolha de um ou de outro método depende dos objetivos do trabalho a realizar e da análise a efetuar, devendo, sempre que possível, optar-se pela utilização do Índice QBS-ar, se o objetivo for a obtenção, rápida, de informação, relativa à qualidade do solo, devido ao facto de ser mais expedito, menos dispendioso e de mais fácil implementação.

6 - Referências bibliográficas

- Amanatidis, G., Curmei, M., 2023. Biodiversidade, utilização dos solos e silvicultura. [Biodiversidade, utilização dos solos e silvicultura | Fichas temáticas sobre a União Europeia | Parlamento Europeu \(europa.eu\)](#)
- Anderson, B; 2023. Índice de diversidade de Shannon: definição e exemplos. [Índice de diversidade de Shannon: definição e exemplo – Estatologia](#)
- Aquino, A., Menezes, E., Queiroz, J., 2006. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilha de queda (“Pitfall-Traps”). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/628430/1/cit018.pdf>
- Azevedo, J., 2015. Monocultura: o que é, características e impactos. [Monocultura: o que é, características e impactos - eCycle](#)
- Balota, E., Colozzi-Filho, A., Andrade, D., Hungria, M., 1998. Microbial biomass and its activity in soils under different tillage and crop rotation systems <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/r6XQ9PMTZ4J4dJYqFf4zKbw/?lang=pt>
- Bano, R., Roy, S., 2016. Extraction of Soil Microarthropods: A low-cost Berlese Tullgren funnels extractor. <https://www.faunajournal.com/archives/2016/vol3issue2/PartA/3-1-13.pdf>
- Bochini, G., Silva, F., Moreira, D., Pereira, J., Ruiz, S., Talamoni, J., Knoll, F., 2015. O uso da família Chironomidae (Diptera, Insecta) como bioindicador na avaliação da qualidade das águas do Ribeirão dos Peixes, Dois Córregos, SP. [287a.PDF \(sebecologia.org.br\)](#)
- Boschiero, B., 2023. Qualidade do solo: conceitos e integração dos 3 indicadores para avaliar a saúde do solo. [Qualidade do solo: conheça os 3 indicadores \(agroadvance.com.br\)](#)
- Camargo, H., Rodrigues, D., Almeida, D., Ferreira, L., Silva, N., Lunz, A., 2015. Artrópodes da fauna edáfica como bioindicadores da qualidade do solo na Amazônia Orienta. <https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/277.pdf>
- Carvalhol, M., Soratto, R., Alves, M., Arf, O., Sá, M., 2016. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. <https://www.scielo.br/j/brag/a/S4DBr8g SBwP7fqBtSSg7pJQ/?lang=pt>
- Castanho, R., Teixeira, M., 2017. A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais <file:///C:/Users/pags0/Downloads/braziliangeojournal,+2017-1-artigo8-castanho.pdf>
- Dobler, G., Reis, E., Ferreira, F., 2015. Artrópodes Bioindicadores da Qualidade Ambiental em valas de drenagem associadas ao arroio crespo. [3032-Texto do artigo - 19619-2-10-20150817.pdf](#)
- Domingos, T., Magalhães, M., Abreu, J., Palma, J., 2017. Mapping the Lisbon Potential Foodshed in Ribatejo e Oeste: A Suitability and Yield Model for Assessing the Potential for Localized Food Production. <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/11/2003>

- Equipa Mundo Educação, 2021. Impactos da produção agrícola. <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/impactos-producao-agricola.htm>
- Escola Superior de Biotecnologia do Porto, 2022. Efeito da integração de leguminosas de cobertura como precedente cultural na produtividade de cevada. <https://legucon.pt/blog/2022/01/31/integracao-de-leguminosas-de-cobertura-como-precedente-cultural/>
- Fioratti, M., Reid, B., Sims, I., Miller, A., 2023. Below-ground pitfall traps for standardised monitoring of soil mesofauna: Design and comparison to Berlese/Tullgren funnels. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405623079799>
- Forum Estudante, 2022. Qual o contributo da agricultura para a biodiversidade? <https://forum.pt/redescobrir-a-terra/qual-o-contributo-da-agricultura-para-a-biodiversidade>
- Francisco, R., 2011. Estudo da comunidade de aranhas (Araneae: Arachnida) de solo como ferramenta de diagnóstico ambiental. [Repositório PUCRS: Estudo da comunidade de aranhas \(Araneae: Arachnida\) de solo como ferramenta de diagnóstico ambiental](#)
- Galli, L., Capurro, M., Menta, C., Rellini, I., 2014. O índice QBS-ar é uma boa ferramenta para detectar a qualidade do solo em áreas mediterrâneas? Uma madeira de sobreiro *Quercus suber* L. (Fagaceae) como caso de estudo <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11250003.2013.875601>
- Gardi, T., 2016. Biodiversità del suolo e indice QBSar nel meleto. [Biodiversidade do solo e índice QBSar em pomares de macieira \(unipg.it\)](#)
- Ignacio, R., 2023. Índice de Shannon - Biodiversidade do solo. [Índice de Shannon - Biodiversidade do solo \(Atualizado\) \(tiloom.com\)](#)
- Inglis, M., Fontes, E., 2020. Controle Biológico de Pragas da Agricultura. <https://dspace.unisa.br/items/2bef2d1e-9ba5-4229-a26c-5b48cf4ff08c>
- Kim, N., Riggins, C., Zaboly, M., Allegrini, M., Zas, R., Villamil, M., 2022. High-Resolution Indicators of Soil Microbial Responses to N Fertilization and Cover Cropping in Corn Monocultures. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/4/954>
- Lopes, J., 2007. Evolução Metodológica no uso de armadilhas tipo Pitfall para coleta da entomofauna de solo. <https://www.sebecologia.org.br/revistas/indexar/anais/vii/iceb/pdf/916.pdf>
- Loss, A., Ferreira, L., Gonzatto, R., Giumbelli, L., Mafra, Á., Goedel, A., Kurtz, C., 2020. Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo após sete anos de cultivo com cebola / Effect of crop succession or rotation on soil fertility after seven years of onion cultivation. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8323>

- Madej, G., Barczyk, G., Gdawiec, M., 2011. Evaluation of Soil Biological Quality Index (QBS-ar): Its Sensitivity and Usefulness in the Post-Mining Chronosequence - Preliminary Research. [Madej:VOL_SZABLON.qxd.qxd \(us.edu.pl\)](#)
- Maltez, M., Galizoni, F., Almeida, R., Caldas, A., Simão, E., Silva, E., 2016. Impactos Ambientais e sociais causados pelas monoculturas de eucaliptos no alto Jequitinhonha <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/41131/2/IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20E%20SOCIAIS%20CAUSADOS%20PELAS%20MONOCULTURAS.pdf>
- Mendes, J., 2015. A sementeira direta e as culturas de cobertura no controlo da salinidade do solo em culturas regadas. [Tese-A sementeira direta e as culturas de cobertura no controlo da salinidade do solo em culturas-JPMendes \(2\).pdf](#)
- Menta, C., Conti, F., Pinto, S., 2018. Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils—QBS-ar approach. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139316306527>
- Menta, C., Conti, F., Pinto, S., Bodini, A., 2018. Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X17307422>
- Nuria, R., Jerome, M., Leonide, C., Christine, R., Gerad, H., Etienne, I., Patrick, L., 2011. IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. [IBQS: Um índice sintético de qualidade do solo baseado em comunidades de macroinvertebrados do solo - ScienceDirect](#)
- Paredes, D., 2021. Monocultura aumenta os surtos de pragas e a utilização de inseticidas. <https://www.agriterra.pt/Artigos/351288-Monocultura-aumenta-os-surtos-de-pragas-e-a-utilizacao-de-insecticidas.html>
- 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 [Comunidades de microartrópodes como ferramenta para avaliar a qualidade do solo e a biodiversidade: uma nova abordagem na Itália - ScienceDirect](#)
- Peck, S., Mcquaid, B., Campbell, C., 1998. Using Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) as a Biological Indicator of Agroecosystem Condition <https://academic.oup.com/ee/articleabstract/27/5/1102/2395115?redirectedFrom=fulltext>
- Perego, A., Rocca, A., Cattivelli, V., Tabaglio, V., Fiorini, A., Barbieri, S., Schillaci, C., Chiodini, M., Brenna, S., Acutis, M., 2019. Agro-environmental aspects of conservation agriculture compared to conventional systems: A 3-year experience on 20 farms in the Po valley (Northern Italy). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X1830430X?via%3Dihub>
- Pinto, R., 2020. O (In)sucesso das Medidas Agroambientais da Política Agrícola Comum e o Caso da Agropecuária. [Dissertação Rafael Leite Pinto.pdf \(uminho.pt\)](#)
- Relatório Especial da PAC, 2020. Biodiversidade das terras agrícolas: o contributo da PAC não travou o declínio. [SR Biodiversity on farmland PT.pdf \(europa.eu\)](#)

- Roberts, J., Heithaus, E., 1986. Ants Rearrange the Vertebrate-Generated Seed Shadow of a Neotropical Fig Tree. [Formigas reorganizam a sombra de sementes geradas por vertebrados de uma figueira neotropical - Roberts - 1986 - Ecologia - Wiley Online Library](#)
- Sanders, D., Veen, F., 2011. Ecosystem engineering and predation: the multi-trophic impact of two ant species. [Ecosystem engineering and predation: the multi-trophic impact of two ant species - Sanders - 2011 - Journal of Animal Ecology - Wiley Online Library](#)
- Sandler, R., 2010. Eficiencia del embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos argiúdoles típicos de la provincia de Buenos Aires. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185020672010000100001&script=sci_abstract
- Santos, R., 2022. OPILIÕES (ARACHNIDA- OPILIONES) DO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA-PA. [TCC OpilioesArachnidaOpiliones.pdf \(ufpa.br\)](#)
- Santos, R., Souza, C., Rufino, C., 2019. Carabídeos coletados em armadilhas Pitfall em um remanescente florestal no Município de Plácido de Castro. <https://ainfo.cnpq.br/digital/bitstream/item/208081/1/26940.pdf>
- Santos, S., Patanita, M., Sousa, J., Fonseca, F., Bento, A., Pinheiro, L., Gonçalves, C., Queirós, A., Benhadi-Marín, J., Guerreiro, I., Carvalho, F., Ferreira, A., Silva, P., Campos, M., Pereira, J., 2012. Utilização de bioindicadores na monitorização e certificação da qualidade do olival. [Biblioteca Digital do IPB: Utilização de bioindicadores na monitorização e certificação da qualidade do olival](#)
- Silva, L., Amaral, A., 2013. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. [Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda - Dialnet \(unirioja.es\)](#)
- Silva, M., Arf, O., Alves, M., Buzetti, S., 2008. Crop succession and its influence on soil physical properties and irrigated winter common bean yield, under different soil tillage systems. <https://www.scielo.br/j/brag/a/cnkVVss456tDDXbrbw3dsNS/?lang=pt>
- Silva, N., 2021. Biodiversidade e agricultura: um equilíbrio indispensável [Biodiversidade e agricultura: um equilíbrio indispensável \(madeira.gov.pt\)](#)
- Simoni, A., Nannelli, R., Castagnoli, M., Goggioli, D., Moschini, V., Vazzana, C., Benedettelli, S., Migliorini, O., 2013. ABUNDANCE AND BIODIVERSITY OF SOIL ARTHROPODS IN ONE CONVENTIONAL AND TWO ORGANIC FIELDS OF MAIZE IN STOCKLESS ARABLE SYSTEMS [07 Simoni \(psu.edu\)](#)
- Site BASF, 2023. O papel da Agricultura na manutenção da Biodiversidade | BASF. <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivosesementes/vejamaiscultivos/agricultura-manutencao-biodiversidade.html>
- Trindade, B., 2023. A importância da biodiversidade do solo na América Latina para a segurança alimentar e para a promoção do objetivo de desenvolvimento sustentável. [Monografia- Beatriz Trindade- Biodiversidade do solo- RI \(1\) \(1\).docx \(ufu.br\)](#)

- Tsiafouli, M., Thébault, E., Sgardelis, S., Rüter, P., Putten, W., Birkhofer, K., Hemerik, L., Vries, F., Bardgett, R., Brady, M., Bjornlund, L., Jørgensen, H., Christensen, S., Hertefeldt, T., Hotes, S., Hol, W., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S., Setälä, H., Tzanopoulos, J., Uteseny, K., Pizl, V., Stary, J., Wolters, V., Hedlund, K., 2014. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. [Biologia das Mudanças Globais | Revista Mudança Ambiental | Biblioteca Online Wiley](#)

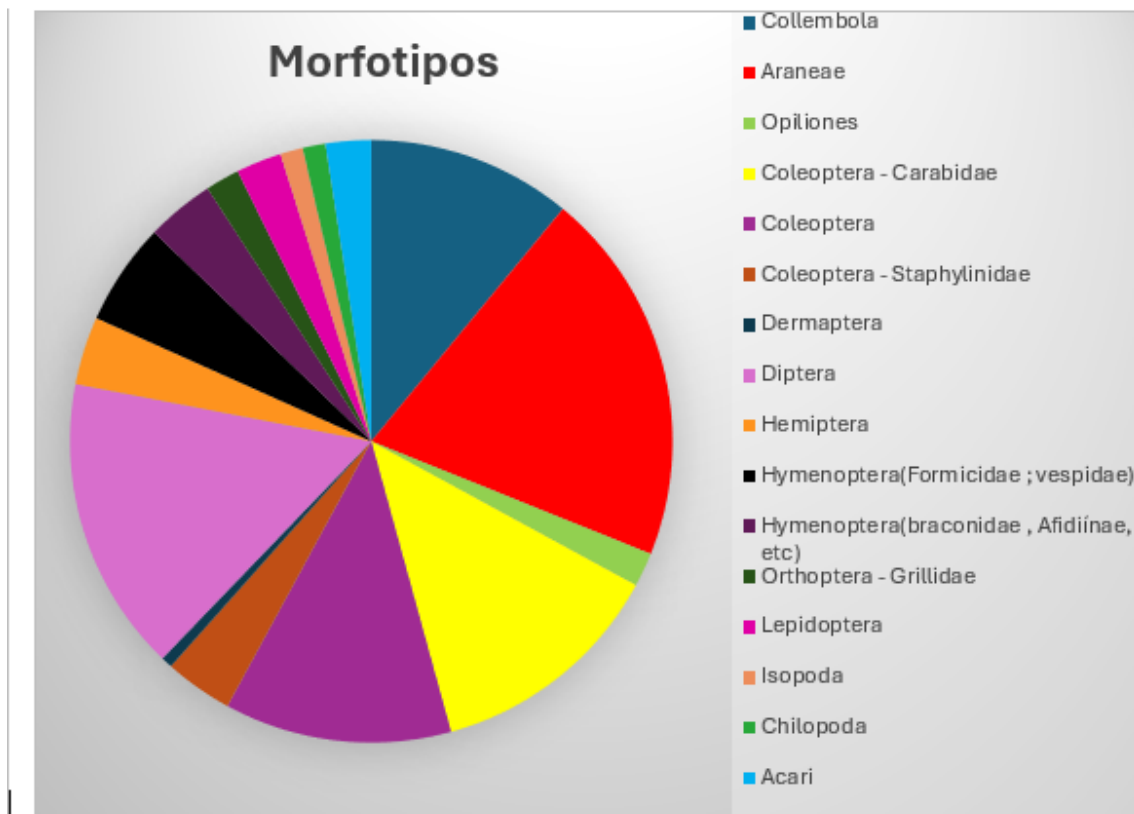
- Valério, E., Godinho, M., Coelho, R., Nunes, 2022. Diversidade de artrópodes bioindicadores em dois sistemas culturais do Ribatejo: Monocultura/sucessão cultural. [Visualização de Diversidade de artrópodes bioindicadores em dois sistemas culturais do Ribatejo: Monocultura/sucessão cultural \(rcaap.pt\)](#).

7 – Anexos

7.1 – Armadilhas Pitfall destruídas por javalis

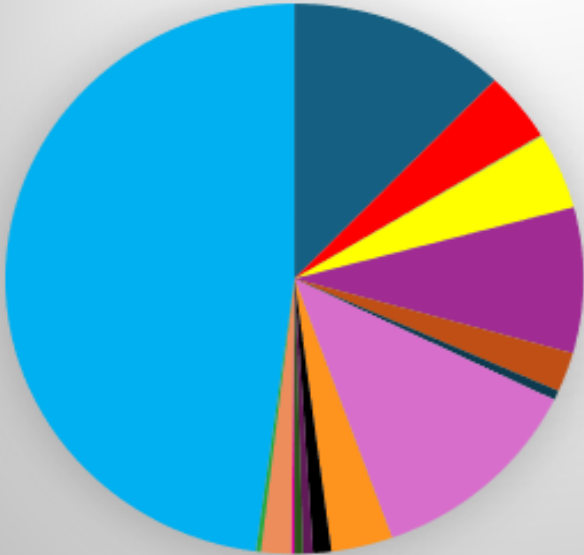


7.2 – Artrópodes por ordem capturados no campo São João de Brito (método armadilhas Pitfall)

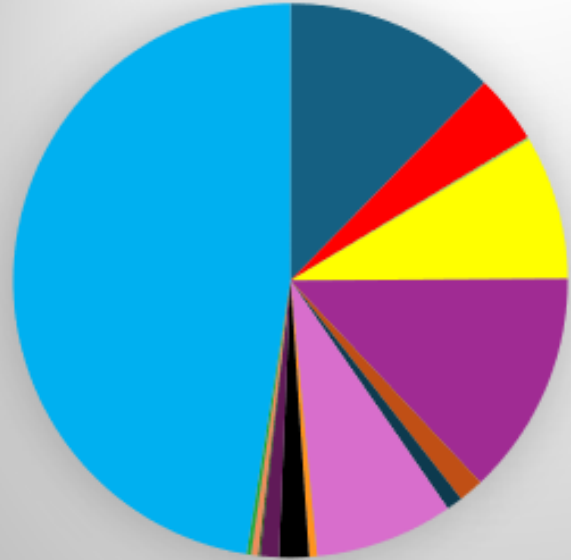


7.3 – Ordens de artrópodes capturadas por modalidade no campo São João de Brito (método armadilhas Pitfall)

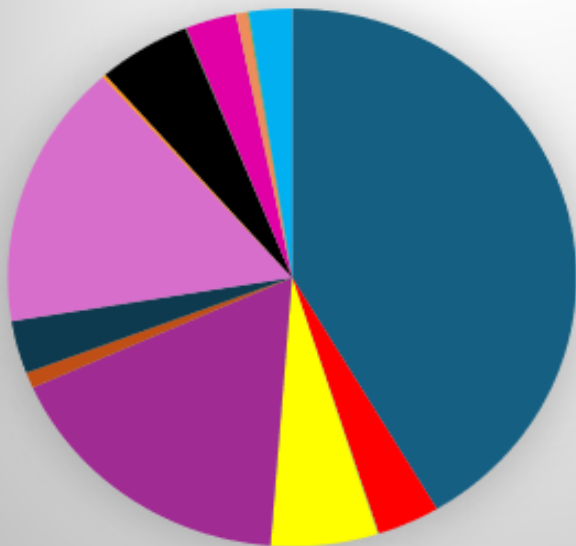
Artrópodes - Azevém



Artrópodes - Brássicas



Artrópodes - Testemunha



- Collembola
- Araneae
- Opiliones
- Coleoptera - Carabidae
- Coleoptera
- Coleoptera - Staphylinidae
- Dermaptera
- Diptera
- Hemiptera
- Hymenoptera (Formicidae ; vespidae)
- Hymenoptera (braconidae , Afidiinae, etc)
- Orthoptera - Grillidae
- Lepidoptera
- Isopoda
- Chilopoda
- Acari

7.3 – Valores EMI para os Morfotipos recolhidos no método QBS-ar (Fonte: Mário Duarte)

Táxon	Condição	EMI
Acari		20
Araneae	• > 5mm	1
	• < 5mm, pigmentação escassa	5
Collembola	• > 2mm, pigmentação complexa, apêndices desenvolvidos	1
	• Pigmentação, aparelho visual e apêndices desenvolvidos	2
	• Pigmentação modesta, Tamanho reduzido, apêndices médios	4
	• Pigmentação, aparelho visual desenvolvido, apêndices curtos	6
	• Pigmentação, furca curta ou ausente, apêndices curtos	8
	• Sem pigmentação, furca reduzida, dimensão reduzida	10
	• Sem pigmentação, furca ausente, apêndices curtos	20
Coleoptera	• Formas claramente epígeas	+1
	Parâmetros aditivos:	
	• < 2mm	+5
	• Integumento fino, coloração castanho-bronze	+5
	• Redução ou ausência de olhos	+5
• Redução ou ausência de asas	+5	
Coleoptera larva		10
Diplopoda	• > 5mm	10
	• < 5mm	20
Diptera		1
Hemiptera	• Formas epígeas	1
	• Larvas de cicada	10
Himenoptera	• Geral	1
	• Formigas	5
Neuroptera		1
Outras larvas		1

7.4 - Valores de EMI para determinação do índice QBS-ar (Menta et al., 2018)

Taxa	Main characteristics	EMI	Taxa	Main characteristics	EMI
Pseudoscorpiones	Pincers similar to those of scorpions	20	Myriacantha	Elongated body Long tail-like structure	10
Scorpiones	Pincers and tail with a venomous stinger. Only juvenile forms	10	Zygentoma	Shiny/glossy scales 2 lateral filaments as cerci	10
Falcopterida	3 mm Segmented abdomen with a whip-like flagellum	20	Dermaptera	Forceps-like pincers as cerci	1
Oplisoma	Eyes Segmented abdomen	10	Orthoptera	Elongated hind legs for jumping	1 10 (Male cricket juveniles)
Araneae	Eight legs Chelicerae with fangs	1 5 (> 5mm, scabrous pigmented; < 5mm, scabrous pigmented)	Embiptera	Elongated body Wings in male	10
Mites	4 pair of legs	20	Isoptera	Short abdominal cerci	10
Isopoda	7 pairs of jointed limbs	10	Blattaria	Flattened body	5
Diplopoda	3 pairs of ventrally jointed legs	10 10 (> 5mm; < 5mm Polychaeta)	Psocoptera	Long antennae Wings or wingless	1
Formicidae	< 2 mm 11 pairs of legs in adults Branched antennae	20	Hemiptera	Stylet mouthpart	1 (Epigeus or root-feeders) 10 (Cicada larvae)
Symphyla	Long segmented antennae Abdominal cerci	10	Tysanoptera	Rectangular head Fringed wings	1
Chilopoda	Pericarpus Segmented body with a pair of legs (> 15)	10 10 (Well-developed legs; < 5mm; Geophilomorphs (Fig. 2))	Coleoptera	Elytra	1 (typical form) 5 10 15 (< 2 mm, slight pigmentation, eyeless, wingless) 20
Proturans	No antennae 3 pairs of legs, the first ones held up, pointing forward	20	Hymenoptera	Narrow waists	1 5 (Acids)
Diptera	Eye-less, long antennae Cerci (filamentous or pincer-like)	20	Diptera	Halteres (balancing organs)	1
Springtails	Furca 3 pair of legs	1 2 (Pigmentation; Well-developed appendages; Well-developed visual apparatus) 4 (Small size; Mosaic pigmentation; Average length of appendages) 6 (Developed visual apparatus; Rectangular appendages; Pigmentation) 8 (Slightly developed appendages; Short or absent furca; Pigmentation) 10 (Absence of pigmentation; Reduced dimensions; Furca present but reduced) 20 (No pigmentation; No furca; Short appendages)	Larvae	Coleoptera (Fig. 3) Sclerotized head 3 pairs of legs Diptera Small or absent head No legs Hymenoptera Bottle shape Sometimes prolegs Lepidoptera 3 pairs of small legs Prolegs with grasping spines	10 10 10 10 10
			Other holometabolas	Mecoptera, Neuroptera, Raphidioptera	1