

Instalação de um coberto vegetal de leguminosas anuais de ressementeira em olival adulto

Nuno José Fernandes Moredo

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do
Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientado por:

Prof. Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Prof^a. Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

Bragança

2022

Agradecimentos

Dirijo o meu reconhecimento e agradecimento a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização do trabalho a seguir apresentado.

Em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues, pela orientação, disponibilidade, incentivo, apoio e amizade demonstrada ao longo da realização do presente trabalho, tanto na componente teórica como prática.

À professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues, minha coorientadora, por toda a disponibilidade demonstrada em prol da realização deste trabalho.

Obrigado a ambos pela transmissão de conhecimentos durante toda a minha formação académica na Escola Superior Agrária de Bragança.

Dirijo também um agradecimento especial à técnica do laboratório de solos Rita Diz, pela dedicação e empenho na realização das análises químicas das amostras deste trabalho.

Ao amigo David Santos pela transmissão de conhecimentos, amizade e total disponibilidade demonstrada na realização deste trabalho, à amiga Soraia Raimundo, pela simpatia e disponibilidade demonstrada ao longo da realização do presente trabalho.

Aos amigos Francisco Saraiva, João Moreira e Jorge Proença, pelo companheirismo e laço de amizade criado.

Dirijo também um reconhecimento especial à empresa Biolocal representada por Rafael Cepeda e Paulo Portilha.

Por último, um agradecimento muito especial à minha família, pelo incentivo e dedicação em prol da minha formação.

Obrigado!

Índice Geral

Índice de figuras	6
Índice de quadros	7
Resumo	9
Abstract	10
1. Introdução	11
2. Importância do olival	13
2.1. A oliveira no mundo	13
2.2. A oliveira em Portugal.....	16
2.3. A oliveira em Trás-os-Montes.....	19
3. Gestão do solo em olival de sequeiro.....	22
3.1. Mobilização.....	23
3.2. Uso de herbicidas	27
3.3. Cobertos vegetais	29
3.4. Cobertos vegetais naturais	32
3.5. Cobertos vegetais semeados	33
3.6. Sistemas mistos de gestão do solo	34
3.7. Cobertos geridos com corte.....	35
3.8. Gestão de cobertos com pastoreio	37
4. Cobertos vegetais de leguminosas anuais de ressementeira	38
5. Materiais e métodos.....	41
5.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	41
5.2. Delineamento experimental	41
5.3. Instalação e manutenção do ensaio	42
5.4. Registo dos estados fenológicos.....	43
5.5. Colheita de amostras e análises laboratoriais	43
5.5.1. Análises ao solo.....	44
Determinação da matéria orgânica	44
pH.....	44
Capacidade de troca catiónica	44
Fósforo e potássio extraíveis.....	45
Cobre, ferro, zinco e manganês.....	45
boro.....	45

5.5.2. Análises de tecidos vegetais	46
Determinação de azoto	46
Determinação de boro	46
Fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês	47
5.6. Análise de dados	47
6. Resultados	48
6.1. Germinação, grau de cobertura e estados fenológicos dos trevos	48
6.1.1. Germinação	48
6.1.2. Grau de cobertura	49
6.1.3. Estados fenológicos	49
6.2. Matéria seca e concentração de nutrientes nos tecidos dos cobertos	51
6.3. Nutrientes recuperados nos cobertos	55
6.4. Estado nutricional das árvores	58
6.5. Propriedades do solo	61
7. Discussão dos resultados	64
7.1. Germinação, grau de cobertura e estados fenológicos	64
7.1.1. Germinação	64
7.1.2. Grau de cobertura	64
7.1.3. Estados fenológicos	65
7.2. Matéria seca e concentração de nutrientes nos tecidos dos cobertos	66
7.3. Nutrientes recuperados nos cobertos	69
7.4. Estado nutricional das árvores	71
7.5. Propriedades do solo	75
8. Conclusão	77
9. Referências bibliográficas	78

Índice de figuras

Figura 1. Países com maior produção de azeite em 2020 (FAOSTAT, 2022).	14
Figura 2. Produção mundial de azeite desde o ano de 2000 (Conselho Oleícola Internacional, 2021).	15
Figura 3. Evolução da produção de azeite em Portugal desde o ano 2000 (Conselho Oleícola Internacional, 2021).	17
Figura 4. Produção de azeitona por região agrária em 2021 (INE, 2021). AL, Alentejo; TM, Trás-os-Montes e Alto Douro; BI, Beira Interior; RO, Ribatejo e Oeste; BL, Beira Litoral; ALG, Algarve; e EDM, Entre Douro e Minho.	20
Figura 5. Aspeto de um olival adulto com solo mobilizado.	24
Figura 6. Erosão hídrica em olival com perda da fertilidade do solo por redução da sua espessura efetiva.	26
Figura 7. Olival tradicional gerido exclusivamente com aplicação de herbicida.	28
Figura 8. Coberto vegetal natural em olival adulto.	30
Figura 9. Coberto vegetal à base de leguminosas em olival adulto.	31
Figura 10. Aspeto de um olival adulto com coberto vegetal de leguminosas anuais de ressementeira.	34
Figura 11. Exemplo de um coberto vegetal natural, em olival adulto, gerido com corte.	35
Figura 12. Olival adulto semeado com leguminosas de ressementeira natural e ciclo curto, designadamente cultivares de trevo subterrâneo.	39
Figura 13. Percentagem de germinação das variedades de trevos subterrâneos usados no ensaio. As barras apresentadas na figura, alinhadas verticalmente, representam o desvio padrão das médias.	48
Figura 14. Grau de cobertura da superfície do solo com urtigas, morugens, trevos semeados e solo nu ao longo do tempo. As barras dispostas na forma vertical representam o desvio padrão das médias.	49
Figura 15. Matéria seca de trevos, aveia e vegetação natural ao longo do tempo. *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$. As barras verticais são o desvio padrão da média.	52
Figura 16. Concentração de azoto, fósforo e potássio nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$). As barras verticais são o erro padrão da média.	53
Figura 17. Concentração de cálcio, sódio e magnésio nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	54
Figura 18 Concentração de boro, ferro, manganês, zinco e cobre nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	55
Figura 19. Azoto, fósforo e potássio recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	56

Figura 20. Cálcio, magnésio e sódio recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	57
Figura 21. Boro, ferro, manganês, zinco e cobre recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	58
Figura 22. Concentração de azoto (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas de oliveira nos diferentes blocos e em diferentes estações do ano (inverno de 2021 e verão de 2022). Para cada estação do ano apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	59
Figura 23 Concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) nas folhas de oliveira em diferentes talhões (trevos e vegetação natural) no inverno de 2021 e verão de 2022. Para cada estação do ano apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	60
Figura 24 Concentração de boro, ferro, manganês, zinco e cobre nas folhas das oliveiras em diferentes talhões (trevos e vegetação natural) no inverno de 2021 e verão de 2022. Para cada estação do ano apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.	61

Índice de quadros

Quadro 1. Algumas propriedades do solo na profundidade 0-20 cm na data de instalação do ensaio.	42
Quadro 2. Registo da evolução fenológica dos trevos instalados no ensaio (escala adaptada de Meier et al., 2018).....	50
Quadro 3. Propriedades do solo analisadas após a introdução do coberto e solo mobilizado. Na coluna, média com a mesma letra não são diferentes pelo teste de t de Student para $\alpha = 0,05$	62
Quadro 4. Resultado da análise ao complexo de troca do solo coberto com trevos e vegetação natural. Na coluna, média com a mesma letra não são diferentes pelo teste de t de Student para $\alpha = 0,05$	62
Quadro 5. Concentração de micronutrientes no solo com coberto vegetal à base de trevos e vegetação natural. Na coluna, médias com a mesma letra não são diferentes pelo teste de t de Student para $\alpha = 0,05$	63

Abreviaturas

t- toneladas

ha - hectares

FAO - Food and Agriculture Organization

COI - Conselho Oleícola Internacional

INE - Instituto Nacional de Estatística

N - Azoto

mm - milímetros

°C - Graus celsius

U.E - União Europeia

CO₂ - Dióxido de carbono

AL - Alentejo

TM - Trás-os-Montes

EDM - Entre Douro e Minho

BL - Beira Litoral

BI - Beira Interior

RO - Ribatejo e Oeste

ALG - Algarve

KCL – Cloreto de Potássio

p/v – Peso/Volume

Ca - Cálcio

Mg - Magnésio

K - Potássio

Na - Sódio

Fe - Ferro

Cu - Cobre

Mn - Manganês

Zn – Zinco

P – Fósforo

B – Boro

Resumo

Em olivicultura a gestão do solo por intermédio de herbicidas, mobilização, corte ou pastoreio é um fator muito importante no controlo da erosão hídrica dos solos e da competição pela água, luz e nutrientes. Sistemas que garantam uma boa cobertura da superfície do solo, como é o caso dos cobertos vegetais, são, neste momento, uma opção válida na generalidade dos olivais pois, protegem o solo da erosão, incrementam a matéria orgânica no solo, devido ao sequestro de carbono e aumentam a capacidade de retenção de água. Se forem utilizados cobertos de leguminosas anuais de ressementeira natural, para além do efeito reforçado do sequestro de carbono, devido à maior produção de biomassa, acresce o aumento da disponibilidade de azoto com consequências muito positivas para a fertilidade do solo e para o desenvolvimento das culturas.

As espécies e variedades mais aconselhadas e o sucesso na instalação de cobertos vegetais de leguminosas anuais de ressementeira dependem de variáveis agroecológicas diversas, como o clima local, a fertilidade do solo, o cultivo em sequeiro ou em regadio e o volume da copa da cultura perene e o grau de cobertura que confere ao solo.

O estudo a seguir apresentado teve como objetivo principal testar uma mistura de trevos subterrâneos de ciclo curto em um olival instalado num solo de boa fertilidade, cultivado em sequeiro e com árvores adultas que fornecem uma ampla cobertura do solo. Avalia-se a capacidade de instalação do coberto no primeiro ano, o grau de cobertura, produção de biomassa e o azoto acumulado e também o seu efeito no estado nutricional das árvores e na fertilidade do solo.

Os resultados mostraram um bom poder de germinação das cultivares de trevo subterrâneo, Dalkeith e Campeda, usadas neste estudo. Mostraram também que as plantas semeadas rapidamente dominaram o coberto.

Neste estudo ficou também presente que o tratamento com trevos produziu mais biomassa. Ficou também demonstrado que o tratamento com trevos alberga uma maior concentração de nutrientes nos tecidos, consegue obter melhores resultados na capacidade de recuperar nutrientes o que mais tarde terá efeitos benéficos para as oliveiras e para o solo.

Palavras-chave: *Olea europaea* L.; *Trifolium subterraneum* L.; gestão de cobertos vegetais; mobilização; leguminosas anuais de ressementeira;

Abstract

Soil management with herbicides, conventional tillage or grazing is very important in controlling soil erosion of agricultural field. Systems that ensure good ground surface coverage, such as cover cropping are currently an option valid in most olive groves because they protect the soil from erosion, increase organic matter due to carbon sequestration and increase the soil water holding capacity. If, in addition to enhanced effect on carbon sequestration, due to higher biomass production, nitrogen availability will also increase with very positive effects for soil fertility and crop development.

The most recommended species and varieties and the success in the installation of the covers of annual legumes depend on diverse agroecological variables such as local climate, soil fertility, rainfed or irrigated regimes and also the size of the canopy of the trees and the degree of coverage they give to the soil.

The present study had as a main objective to test a mixture of early-maturing subterranean clovers in an olive grove installed in a soil of good fertility, rainfed managed and with mature trees that provide ample ground cover. The success of cover installation in the first year was assessed as well as, ground cover percentage, dry matter yield, nitrogen recover on above-ground biomass, the nutritional status of olive trees and soil fertility.

The results showed good seed germination rates of the subterranean clover cultivars, Dalkeith and Campeda used in this study. The results also showed that sown plants quickly dominated the cover over natural vegetation. The plot managed with sown cover crops produced also mor biomass, and biomass with a higher content of nitrogen and other nutrients. Thus, it is expected that in the long term more benefits will be achieved in terms of soil fertility and nutritional status of plants and olive yield.

Keywords: *Olea europaea* L.; *Trifolium subterraneum* L.; cover cropping; soil tillage; self-reseeding annual legumes.

1. Introdução

A oliveira (*Olea europaea* L.) é provavelmente das primeiras plantas cultivadas, tendo sido domesticada há 3.000 a 4.000 anos a.C. no Mediterrâneo Oriental. A partir dessa região foi amplamente difundida pelo Norte de África, Península Ibérica e pelo resto do Sul da Europa (Connor e Fereres, 2005).

Das 600 espécies que constituem a família Oleaceae, a oliveira é das poucas com interesse económico e a única explorada como espécie frutícola (Rapoport, 2017). A oliveira está distribuída tanto pelo hemisfério norte como pelo hemisfério sul, entre as latitudes 30° e 45° (Civantos, 2017). As zonas de maior difusão da oliveira caracterizam-se por invernos suaves e verões secos e com temperaturas elevadas.

Os olivais são sistemas agrícolas generalizados nos ambientes mediterrânicos (Vossen, 2007), onde desempenham um papel significativo nas economias locais (Iraldo et al., 2013; Palese et al., 2013) e contribuem com vários serviços ecossistémicos (Loumou e Giourga, 2003; Fleskens et al., 2008), incluindo a mitigação da emissão de carbono para a atmosfera (Nieto et al., 2010; Brilli et al., 2013, 2016, 2018; Nardino et al., 2013; Lorite et al., 2018). A oliveira, tendo necessidades em água relativamente baixas, pode explorar áreas marginais caracterizadas por solos pouco profundos e terrenos inclinados que dificilmente seriam utilizados para outras culturas (Loumou e Giourga, 2003). Nas condições de sequeiro, um dos grandes desafios para os olivicultores é avaliar quais as vantagens e desvantagens das diversas opções de gestão do solo e controlo das infestantes para tomarem as melhores opções agroecológicas.

Para comparar métodos de gestão da vegetação herbácea no olival, uma diversificada de aspetos deve ser equacionada. O papel da vegetação na proteção do solo contra a erosão é de fundamental importância, dada a sua relação com a sustentabilidade do agro-sistema. Além disso, a influência da gestão do solo no teor de matéria orgânica deve ser tomada em consideração devido ao seu papel na sua fertilidade em geral. No entanto, várias outras propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que influenciam a capacidade do solo em reter água, na ciclagem de nutrientes e na biodiversidade, devem ser levadas em conta.

A dificuldade que atravessa a olivicultura tradicional de sequeiro aconselha os agricultores a adotar práticas culturais integradas que lhe permitam reduzir custos, já que as produtividades são baixas e os preços do azeite permanecem estagnados.

O uso de coberturas vegetais em olivais tradicionais de sequeiro continua a não ser uma opção dos olivicultores transmontanos. A maior parte dos produtores continua a mobilizar os seus olivais e um grupo restrito, ainda que progressivamente crescente, utiliza herbicidas (Rodrigues et al., 2012).

Os cobertos vegetais de leguminosas semeadas podem ser uma boa opção se conseguirem resolver de forma satisfatória a manutenção do solo e simplificarem a fertilização da cultura. As leguminosas introduzem azoto no sistema, através da simbiose que estabelecem com microrganismos fixadores de azoto que se alojam no seu sistema radicular, devido à deposição no solo de grande quantidade de biomassa rica em azoto obtido a partir da atmosfera (Rodrigues et al., 2011).

A presença de vegetação no solo é, de uma maneira geral, um aspeto positivo. O pomar constitui-se como um espaço de maior biodiversidade, o solo fica protegido da erosão, o seu teor em matéria orgânica aumenta, devido à maior entrada de carbono, e melhoram as propriedades físicas, designadamente a estrutura, a porosidade e a compactidade (Rodrigues et al., 2011).

A cada dia que passa, as alterações climáticas são cada vez mais evidentes em clima mediterrânicos, com invernos pouco chuvosos e verões cada vez mais quentes e secos. A escassez de água é de facto uma realidade preocupante e cabe aos olivicultores adotar estratégias para mitigar estas alterações. Uma das formas possíveis passa pela implementação de cobertos vegetais de leguminosas anuais de ressementeira. A implementação deste tipo de cobertos implica algum conhecimento agronómico, pois as sementes de leguminosas anuais de ressementeira são muito pequenas e, quando mal instaladas, pode ficar desde logo comprometido o seu desenvolvimento vegetativo.

Neste trabalho testa-se uma mistura de trevos subterrâneos de ciclo curto em um olival instalado num solo de boa fertilidade, cultivado em sequeiro e com árvores adultas que fornecem uma ampla cobertura do solo. Avalia-se a capacidade de instalação do coberto no primeiro ano, o grau de cobertura, produção de biomassa e o azoto acumulado e também o seu efeito no estado nutricional das árvores e na fertilidade do solo.

2. Importância do olival

2.1. A oliveira no mundo

A oliveira é considerada uma das oleaginosas de grande valor económico da região Mediterrânica (Lucena e Méndez, 2017). Atualmente, podem encontrar-se oliveiras plantadas em todas as regiões do mundo localizadas entre as latitudes 30° e 45° em ambos os hemisférios, vegetando em condições ecológicas muito diferentes, desde áreas desérticas até climas húmidos (Fernández-Escobar e Rosa, 2017).

A oliveira é uma árvore de fruto com grande importância socioeconómica a nível mundial, principalmente nos países da bacia mediterrânica, onde Portugal se insere. O setor olivícola representa um dos setores mais importantes a nível económico e social nos países mediterrânicos, principalmente em Espanha, Itália, Marrocos, Turquia e Grécia, os cinco maiores produtores mundiais (Figura 1). Para além disso, nas últimas décadas, tem-se assistido a uma maior dispersão da cultura pelo mundo, com especial referência para o seu crescimento em regiões tradicionalmente não produtoras, como América (Norte e Sul), Oceânia e Ásia, que representam atualmente cerca de 20% da produção mundial (FAOSTAT, 2022).

Segundo a experiência dos países da bacia do Mediterrâneo, a temperatura adequada para que ocorra frutificação efetiva deve estar entre 25 °C e 35 °C. As plantas, contudo, são capazes de suportar temperaturas elevadas no verão, próximas de 40 °C, sem que os ramos e folhas sofram queimaduras (Fernandes, 2014).

A oliveira é normalmente cultivada em regiões semiáridas da bacia do Mediterrâneo, caracterizadas por apresentarem elevadas temperaturas e baixo índice pluviométrico (250-550 mm anuais) nos meses secos (verão). É uma espécie com características similares das plantas xerófitas, com folhas coriáceas, de cutícula espessa. Os estomas situam-se na página inferior das folhas, reduzindo as perdas de água da planta por transpiração e permitindo que a atividade vegetativa se restabeleça imediatamente quando a planta sai de uma situação de stresse, causado por falta de água prolongada (Fillipini, 2014).

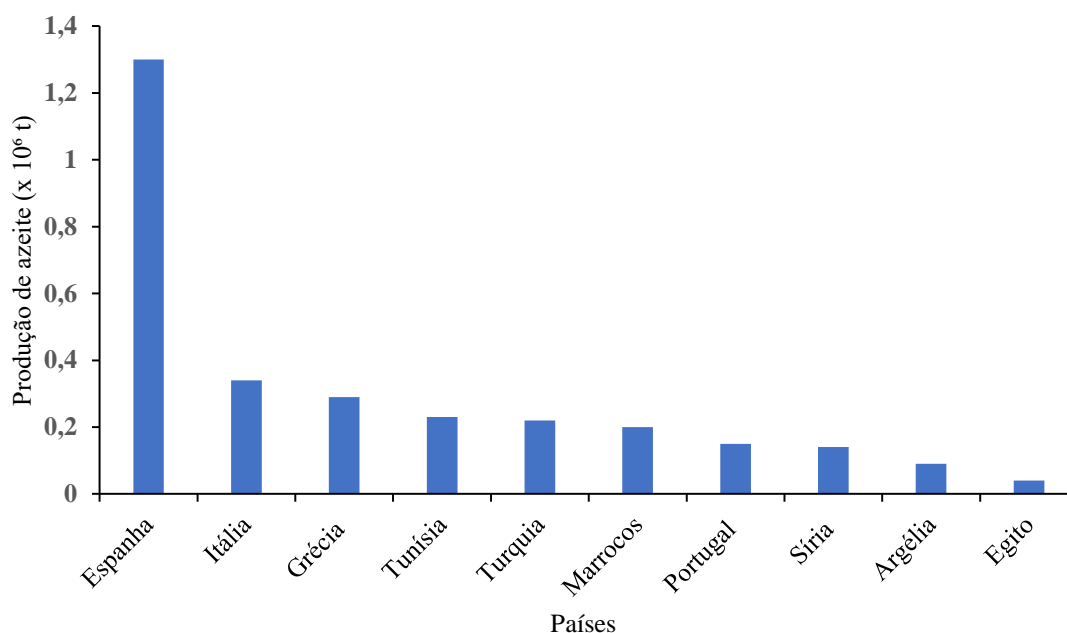


Figura 1. Países com maior produção de azeite em 2020 (FAOSTAT, 2022).

O olival pode originar produtos diversos. Contudo, os mais valorizados são claramente o azeite e depois a azeitona de mesa. A azeitona, devido ao seu amargor, não pode ser consumida na sua forma natural, necessitando de sofrer transformações que a tornem palatável (Nogueira, 2021).

A produção global de azeite tem vindo a crescer (Conselho Oleícola Internacional, 2020), embora com algumas flutuações devido sobretudo a fatores ambientais (Figura 2). O total da campanha de 2018/2019 ficou cerca de oito por cento abaixo das 3.266.500 t relatadas em 2019/2020, segundo dados preliminares do Conselho Oleícola Internacional (Conselho Oleícola Internacional, 2022). No entanto, os números anuais divulgados pelo Conselho Oleícola Internacional mostram uma esperada recuperação na campanha 2021/2022, com a produção a poder chegar a 3.098.500 t, cerca de três por cento a mais que na temporada anterior.

O clima desafiador em muitas partes do mundo pode ter desempenhado um papel no stresse dos olivais e na redução da produção geral no ano de colheita de 2021. A geada severa na primavera em toda a Europa, ondas de calor e seca na bacia do Mediterrâneo e eventos climáticos extremos, como violentas chuvadas de granizo e grandes incêndios florestais, contribuíram para uma temporada negativa para muitos países produtores (COI, 2022).

Segundo dados preliminares do Conselho Oleícola Internacional (Conselho Oleícola Internacional, 2022), 93% do total de azeite produzido, cerca de 2.809.500 t, é proveniente dos 16 países membros da União Europeia (EU) que produzem azeite. Na campanha 2021/2022, a UE superou os resultados da campanha anterior em 6,8%, principalmente devido à maior produtividade registada em Espanha. Considerado o maior país produtor de azeite do mundo, Espanha atingiu 1.389.000 t. Enquanto isso, a produção na Grécia ficou estável em 275.000 t. Os rendimentos italianos caíram 25% para 273.500 t e Portugal teve das melhores campanhas dos últimos 20 anos, tendo atingido 200.000 t.

Fora da UE, os dados do Conselho Oleícola Internacional mostram uma queda de 8.7% na Turquia, cuja produção atingiu 210.000 t e um aumento significativo em Marrocos que originou valores próximos das 160.000 t (Conselho Oleícola Internacional, 2022). Enquanto isso, a Argélia viu a sua produção cair 44% relativamente ao ano anterior, para 70.500 t (Conselho Oleícola Internacional, 2022). No entanto, a maior queda na produção no norte da África foi relatada pela Tunísia, cuja produção caiu 68%, para 140.000 t. Ainda assim, apesar de se verificarem algumas quebras na produção de azeite a nível mundial, o setor continua a crescer (Conselho Oleícola Internacional, 2022).

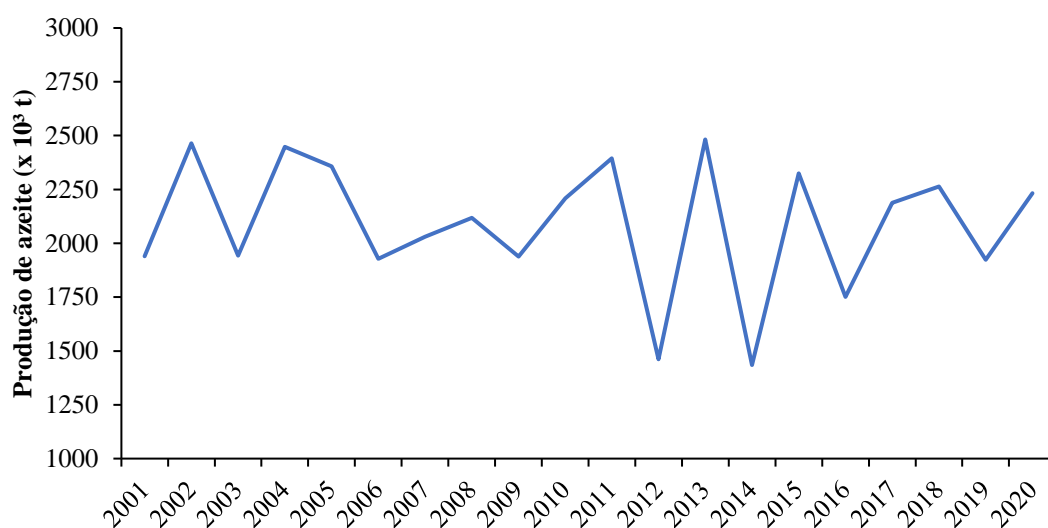


Figura 2. Produção mundial de azeite desde o ano de 2000 (Conselho Oleícola Internacional, 2021)

2.2. A oliveira em Portugal

Em Portugal, o olival tem uma grande importância socioeconómica, encontrando-se distribuído de Norte a Sul do país, sobretudo nas regiões do interior (Fernandes, 2014).

O cultivo da oliveira destaca-se na agricultura nacional portuguesa, tanto pela sua presença nas explorações agrícolas, como pelo seu peso no produto agrícola nacional. A forma como se pode encontrar nas explorações agrícola é diversa, surgindo na forma de olival estreme (a dominante) ou em sistema mistos, com árvores misturadas com outras culturas como amendoal e vinha e também na forma de oliveiras dispersas em propriedades de natureza diversa (Reis, 2014).

Portugal é atualmente um dos países mais importantes na produção de azeite, ocupando o sétimo lugar no ranking dos maiores produtores de azeite a nível mundial (FAOSTAT, 2021).

A oliveira em Portugal é também importante pelo seu valor paisagístico. Devido à beleza da paisagem, o setor do turismo tem vindo a aumentar com o passar dos anos, o que poderá ser um complemento favorável ao rendimento da empresa agrícola (Fernandes, 2014).

A nível nacional tem-se assistido a uma grande transformação do setor, passando de uma produção de 30.000 t de azeite na campanha 2000, período em que o país era deficitário, para cerca de 100.000 t na campanha 2020, sendo que neste momento o país é autossuficiente em azeite (Figura 3). Este aspeto denota por um lado um grande dinamismo do setor e por outro lado uma aposta no olival como cultura, o que veio contrariar a tendência anterior em que ocorria redução da produção.

A área de olival aumentou cerca de 41.000 ha, dos quais 4/5 no Alentejo, que concentra atualmente mais de metade da área de olival nacional (52.44%). Em Portugal, cerca de 59% das explorações agrícolas com culturas permanentes tem olival (INE, 2021).

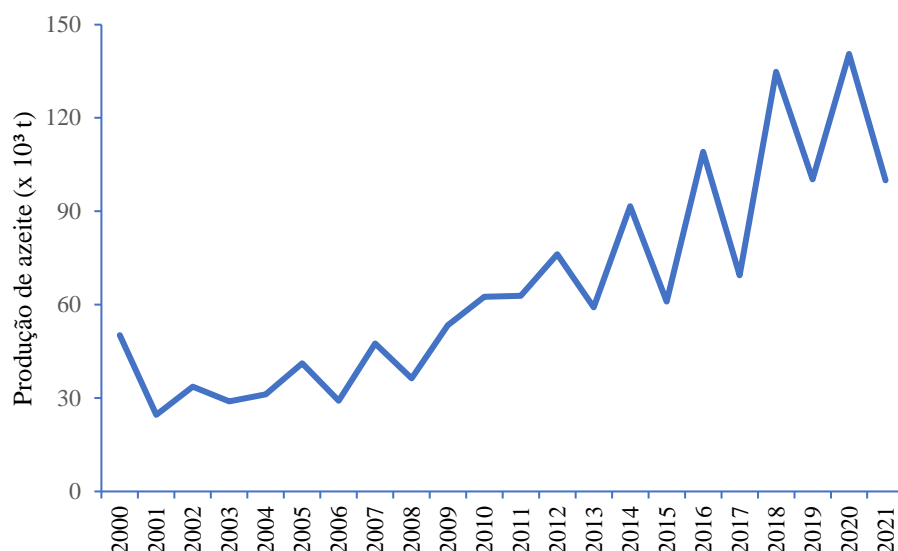


Figura 3. Evolução da produção de azeite em Portugal desde o ano 2000 (Conselho Oleícola Internacional, 2021).

O olival é a cultura permanente presente em maior número de explorações agrícolas (129.800), e a que ocupa maior área. Estende-se por 377.000 ha, todos no continente, sendo a esmagadora maioria (98.9%) destinada à produção de azeitona para azeite (INE, 2021).

O Alentejo é a principal região olivícola, com 52.4% da área de olival, seguido de Trás-os-Montes com 21.7% e Beira Interior com 13.1% (INE, 2021).

As plantações intensivas e superintensivas, com densidades médias superiores a 300 árvores/ha, já ocupam mais de 1/5 da superfície de olival para azeite. Note-se que a maioria destas áreas é explorada em regime superintensivo com 13.8% da área afeta a olivais com densidades superiores a 1.500 árvores/ha, sendo que se encontram maioritariamente localizados na região do Alentejo (95,8%) (INE, 2021).

Nos últimos 10 anos, a área de olival aumentou 12.3%. Este aumento deve-se essencialmente à forte aposta na plantação de olival superintensivo. A exploração de olival varia entre duas realidades distintas, a tradicional, localizada sobretudo em regiões para os quais é difícil encontrar alternativas lucrativas e economicamente sustentáveis (Trás-os-Montes e Beira Interior), a par de olivais modernos, irrigados e explorados de forma intensiva, especialmente no Alentejo (INE, 2021).

Os incentivos económicos à produção canalizados por via de fundos europeus, permite aos olivicultores adotar estratégias de produção agroecológicas fundamentais na utilização sustentável dos recursos existentes. Parte dos agricultores que aderiu à

produção integrada e nomeadamente ao modo de produção biológico faz a gestão do coberto vegetal através de escarificação ou de corte da vegetação, sendo este último realizado por menor número de produtores. A maioria dos olivicultores em regime de produção superintensivo utiliza como método de gestão das infestantes a aplicação de herbicidas na linha de plantação.

O grande desafio tecnológico é a implementação de práticas culturais conservadoras do meio ambiente e que aumentem os serviços do ecossistema, como a proteção de conservação, as podas mais cuidadas, a aplicação de composto proveniente dos bagaços de azeitonas e não usar herbicidas. A maior dificuldade na implementação daquelas medidas deve-se ao facto de os produtores serem envelhecidos, terem baixos níveis de formação, as parcelas serem de pequena dimensão e faltar cooperação/associação entre eles (Reis, 2014).

Os novos sistemas intensivos procuram tirar o maior proveito da área ocupada com a cultura maximizando a produtividade por área. Neste sentido, introduziram-se alterações significativas no sistema de plantação e no uso da água. Ao nível da plantação, para além do objetivo produtividade, procurou-se também aumentar a precocidade da entrada em produção e facilitar a mecanização da colheita. Assim, a primeira mudança foi o aumento da densidade de plantação e a adaptação das máquinas utilizadas na apanha de frutos secos, desenvolvendo-se vários tipos de vibradores de tronco ou de ramos. A capacidade técnica, a maior facilidade de mecanização e os incentivos financeiros das medidas agroambientais, conduziram a que os olivais mais modernos apliquem herbicida apenas na linha e tenham enrelvamento na entrelinha (Barroso e Santos, 2013).

O desenvolvimento de novas tecnologias de produção no olival, ao nível dos sistemas, prática e técnicas de produção, conduziu a um dualismo entre uma olivicultura intensiva que se aproxima dos modernos sistemas vitivinícolas e uma olivicultura tradicional que terá de se ancorar ao território, nas vertentes biofísicas, socioeconómicas, culturais e patrimoniais, orientar-se para a inovação social, de marketing e para a produção agro ecológica (abordagem sistémica da cultura, conservação dos recursos naturais, redução dos inputs externos, multifuncionalidade do território, incorporação de conhecimento científico e empírico, coesão social e respeito pelas identidades locais (Reis, 2014).

2.3. A oliveira em Trás-os-Montes

O olival constitui um sistema de produção que contribui fortemente para gerar rendimento e emprego no nordeste transmontano, não só diretamente através do seu cultivo, mas também devido à transformação e comercialização de azeite e azeitonas de mesa.

Em Portugal, a oliveira tem um papel económico, social e paisagístico relevante e apresenta uma distribuição ampla por todo o território, com especial incidência na região de Trás-os-Montes (Peres et al., 2011).

Os olivais desta região são cultivados de forma tradicional, onde prevalecem árvores mais velhas (idade frequentemente superior a 50 anos), plantadas em baixas densidades, em terrenos por vezes com forte inclinação e com baixo grau de mecanização e ausência de irrigação (Duarte et al., 2008).

A manutenção dos olivais tradicionais é benéfica para o ambiente, pois estes sistemas apresentam elevados níveis de biodiversidade e baixas taxas de erosão do solo (Loumou e Giourga, 2003). Este último aspeto é particularmente importante, uma vez que os olivais estão frequentemente inseridos em terrenos inclinados. Segundo Loumou e Giourga (2003) os olivais tradicionais conseguiram manter produções aceitáveis ao longo dos séculos em solos pobres e suscetíveis à erosão.

A olivicultura tradicional tem também um importante papel socioeconómico, pois constitui fonte de rendimento e emprego, sobretudo nas regiões do interior, fortemente dependentes da atividade agrícola (Duarte et al., 2008). De acordo com de Graaff e Eppink (1999) as oliveiras desempenharam ao longo dos séculos um papel importante no desenvolvimento rural, permitindo o cultivo em sequeiro nas regiões mais pobres da bacia do Mediterrâneo.

Em termos de produção, a região do Alentejo é a maior produtora de azeitona com 602.765 t e uma área ocupada de 197.628 ha. Trás-os-Montes é a segunda região mais importante do país, com uma área plantada de 81.691 ha e uma produção de 249.157 t de azeitona (Figura 4) (INE, 2021). As regiões são completamente distintas em termos de cultivares e intensificação cultural. O grande crescimento da região do Alentejo surge principalmente nos últimos dez anos, com o aumento da disponibilidade de água para rega, tendo sido instaladas novas plantações irrigadas com elevado número de plantas por hectare, principalmente com variedades estrangeiras, onde se atingem elevadas produtividades unitárias. Contrariamente, em Trás-os-Montes, os olivais são conduzidos

extensivamente, mantendo plantações antigas de uma variada gama de variedades tradicionais. São cultivados em baixas densidades, em terrenos de declives acentuados e com baixo grau de mecanização e em regime de sequeiro (Duarte et al., 2008; Rodrigues e Cabanas, 2009). Estas condições de cultivo levam a uma baixa rentabilidade dos olivais em comparação com os olivais irrigados (Duarte et al., 2008).

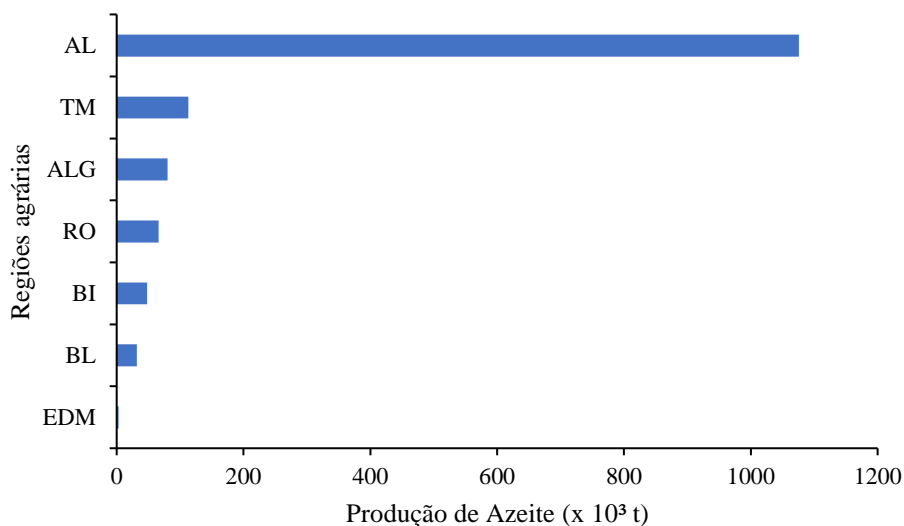


Figura 4. Produção de azeitona por região agrícola em 2021 (INE, 2021). AL, Alentejo; TM, Trás-os-Montes e Alto Douro; BI, Beira Interior; RO, Ribatejo e Oeste; BL, Beira Litoral; ALG, Algarve; e EDM, Entre Douro e Minho.

A economia de vários concelhos da região de Trás-os-Montes assenta na oliveira, sendo esta uma fonte de rendimento para uma população que se ocupa principalmente e, por vezes, exclusivamente, desta cultura. A oliveira é quase uma constante na paisagem transmontana, aparecendo um pouco por todo o lado, ora estreme, ora em bordadura, não poucas vezes consociada com a vinha e as hortas. Todavia, está confinada a altitudes inferiores a 600 - 700 m e a temperaturas médias superiores a 12.5 °C, o que se traduz pelo seu desaparecimento na Terra Fria (altitude igual ou superior a 800 m) (Feio, 1991). Assim, a principal mancha olivícola, em Trás-os-Montes, corresponde à zona da Terra Quente (INE, 2021).

Com exceção de Freixo de Espada à Cinta, onde 80% da área afeta ao olival corresponde a azeitona de mesa, nos outros concelhos a azeitona é praticamente toda ela destinada à produção de azeite (Madureira et al., 1994).

A olivicultura na região de Trás-os-Montes detém considerável importância a nível económico, social e ambiental. Esta região olivícola representa 21.7% da área nacional de olival, conforme anteriormente referido, sendo a segunda região agrária a nível nacional, logo a seguir ao Alentejo com 52.4% (INE, 2021). Ainda assim, o crescimento do setor não tem sido tão assinalável como no Alentejo devido, maioritariamente, às condições geográficas da região que são impeditivas do recurso à produção intensiva, e também da estrutura fundiária em microparcels, que leva à elevada prevalência de pequenos e médios produtores.

Em Trás-os-Montes, aproximadamente 80% dos olivais são conduzidos de forma tradicional, 46% com uma densidade até 100 árvores/ha e 33% com uma densidade entre 101-300 árvores/ha e maioritariamente para a produção de azeite. No olival tradicional, o cultivo é extensivo, com menor intensidade de aplicação de adubos e produtos fitofármacos (Reis, 2014). Sendo a região de Trás-os-Montes caracterizada por baixo rendimento económico das populações rurais, o olival constitui um sistema de produção que contribui fortemente para gerar rendimentos e emprego, não só diretamente através do seu cultivo, mas também devido às unidades de processamento de azeite e serviços de apoio à olivicultura, como lojas, tanto de venda de fatores de produção como de produtos do olival.

Em grande parte da bacia mediterrânica predomina ainda o olival de sequeiro, apesar da importância crescente dos olivais de regadio conduzidos em sistemas intensivos e superintensivos. Em Trás-os-Montes, a segunda região de maior importância do setor olivícola em Portugal, apenas 9% da área total do olival é regada, significando que, na região agrária mencionada cerca de 91% dos olivais são explorados em regime de sequeiro (RGA, 2019), estando as áreas regadas praticamente confinadas a pomares para azeitona de mesa. O facto de a maioria dos olivais de Trás-os-Montes serem em regime de sequeiro poderá estar relacionado com escassa existência de infraestruturas de regadio e também com a topografia dos terrenos ocupados com olival que apresentam um declive demasiado acentuado. Por outro lado, a multitude de microparcels torna impossível a instalação do regadio devido à complexidade da sua instalação e inexistência de rede elétrica nas proximidades.

Segundo Pavão (2016), o olival tradicional e, mesmo grande parte das novas plantações efetuadas a partir da década de 1990, são conduzidas em regime de sequeiro, o que provoca fortes constrangimentos na produção sobretudo o stresse hídrico em períodos críticos do ciclo cultural da oliveira, nomeadamente de maio a setembro.

Pavão (2016) refere também que este tipo de olival tradicional, para além da sua função produtiva, apresenta também algumas características que deverão ser consideradas como essenciais para a sua manutenção e apoio, nomeadamente pela diminuição do efeito poluente da agricultura (uso reduzido de fertilizantes e produtos fitofármacos), extensificação e/ou manutenção dos sistemas agrícolas tradicionais extensivos. Este tipo de olivais é conduzido na sua quase totalidade em regime extensivo de sequeiro, segundo práticas tradicionais de agricultura, contribuindo para a manutenção do “mosaico” agrícola na paisagem portuguesa, caracterizadas pela sua heterogeneidade de culturas agrícolas praticados, conservação dos recursos e da paisagem rural. Estes olivais são também caracterizados por apresentarem cultivares tradicionais, com enorme potencial genético que urge preservar/potenciar, e são ainda uma característica intrínseca da paisagem rural portuguesa.

3. Gestão do solo em olival de sequeiro

A mobilização do solo é o método original de gerir as infestantes em olivicultura. Embora a importância da gestão das infestantes recorrendo à mobilização tenha vindo a ser progressivamente reduzida em várias partes do mundo, ainda se mantém em uso generalizado em pomares de regiões áridas e semiáridas, especialmente quando os pomares são em regime de sequeiro, e em regiões de agricultura menos desenvolvida (Palese et al., 2014; Slatnar et al., 2014; Velarde, 2015; Ping et al., 2018). A mobilização do solo é fácil de executar, e os produtores podem fazê-lo sem aconselhamento.

Em olivais de sequeiro, os recursos naturais disponíveis no solo, sobretudo água e nutrientes, são determinantes para as árvores, podendo ser muito negativa a competição da vegetação herbácea por estes recursos. Assim, em olival de sequeiro, o interesse técnico-científico da questão da manutenção do solo está longe de estar esgotado. O setor olivícola de algumas regiões do país está integralmente dependente do cultivo em sequeiro (Rodrigues et al., 2011).

O insucesso desta forma de cultivo significará o fim do setor, com consequências sociais, económicas e ambientais seguramente muito negativas. Está nesta situação toda a olivicultura de Trás-os-Montes e Alto Douro, em que o sequeiro representa mais de 90% da área total de olival em produção (Rodrigues et al., 2011).

As infestantes surgem em todos os olivais, de qualquer região portuguesa. A informação disponível mostra que são um problema sanitário crónico, que deve ser gerido

anualmente. Os efeitos indesejáveis designadamente a competição por nutrientes e água (sobretudo em olivais de sequeiro) exigem o seu combate. As medidas a adotar para o efeito, deverão ter em conta os efeitos na proteção contra a erosão, o sequestro de dióxido de carbono atmosférico e aumento da matéria orgânica do solo, o consumo de energia, as implicações com a restante técnica cultural, designadamente a colheita, assim como eventuais efeitos sobre os inimigos da cultura e sobre a fauna auxiliar (Rodrigues e Cabanas, 2007).

Os sistemas de manutenção do solo devem ser genericamente entendidos como métodos de gestão das infestantes. Em olivais de sequeiro, os objetivos principais consistem em eliminar a competição da vegetação herbácea pela água e por nutrientes, facilitar a absorção de nutrientes pelas árvores e, eventualmente, melhorar a transitabilidade dos equipamentos e facilitar a colheita (Rodrigues e Cabanas, 2007).

Os métodos utilizados devem visar os objetivos principais, mas também um conjunto de efeitos indiretos ou colaterais que cada estratégia de gestão da vegetação acarreta. Devem ser tidos em conta a conservação do solo (com efeito direto na fertilidade do mesmo e no sequestro do carbono atmosférico), a biodiversidade, o microclima do olival e a relação das infestantes com hospedeiros de pragas, doenças e auxiliares. Obviamente, a produtividade e a regularidade das produções, bem como os custos associados, são aspetos determinantes (Rodrigues e Cabanas, 2007).

3.1. Mobilização

A mobilização do solo é uma prática ancestral. Tem servido propósitos tão nobres e determinantes para a humanidade como a preparação do solo para as sementeiras, a cobertura das sementes e a eliminação das ervas daninhas ou plantas infestantes. As mobilizações servem ainda para incorporar no solo fertilizantes e corretivos minerais e orgânicos. Nos dias de hoje, esta prática é ainda o sistema de manutenção do solo mais habitual nos olivais tradicionais de sequeiro (Rodrigues e Cabanas, 2009).

A mobilização do solo pode ser feita com diferentes alfaias agrícolas, dependendo da natureza do solo, da finalidade da operação e a da região do globo. O escarificador é provavelmente a alfaia mais utilizada para o efeito, mas podem também ser utilizadas outro tipo de alfaias, nomeadamente a grade discos (Alcántara et al., 2017).

Um olival bem mobilizado, isto é, livre da vegetação herbácea espontânea, foi durante muitos anos sinónimo de boa prática agrícola. Apesar da fruticultura atual ter

praticamente abandonado as mobilizações, estas são ainda o método de gestão do solo mais generalizado entre os pequenos produtores de olival tradicional da bacia do mediterrâneo (Rodrigues e Cabanas, 2009).

Em Portugal, sobretudo nas produções agrícolas mais marginais, como é o caso do olival tradicional, as mobilizações de solo são ainda o método mais utilizado no combate às infestantes (Figura 5). Também em Espanha, a mobilização do solo está generalizada em praticamente a totalidade das plantações de olival tradicional. Os produtores de azeitona mobilizam o solo duas a quatro vezes ao ano. Normalmente fazem uma a duas mobilizações na Primavera para destruição das infestantes (Arquero e Serrano, 2013).

Em olival tradicional conduzido em sequeiro, o solo é mobilizado visando um objetivo principal – destruir as infestantes que competem com as oliveiras pela água e pelos nutrientes. As infestantes têm de ser eliminadas, caso contrário o olival enfraquece pela invasão da vegetação espontânea. Num passado recente as mobilizações foram a única forma de manter os pomares livres das infestantes (Rodrigues e Cabanas, 2007).



Figura 5. Aspeto de um olival adulto com solo mobilizado.

No passado o olival era mobilizado com tração animal. A boa prática agrícola aconselhava duas mobilizações anuais, a primeira no início da Primavera, a partir de março, e uma segunda mobilização a partir de maio. O elevado tempo consumido na operação levava a que muitos agricultores mobilizassem o olival apenas uma vez, neste caso preferencialmente mais próximo do fim da Primavera, para que as infestantes não voltassem a aparecer. A mecanização da agricultura, com a generalização do uso do trator, veio permitir que o número de mobilizações anuais aumentasse. Nos anos mais recentes tem sido frequente ver agricultores mobilizarem os olivais até três vezes ao ano: no início

da Primavera; no fim da Primavera; e no início do Outono, às primeiras chuvas. Utilizam-se sobretudo alfaias de dentes como o escarificador, se bem que por vezes equipados com pequenas aivecas e grades de discos, ainda que menos frequentemente (Rodrigues e Cabanas, 2009).

Depois do repouso vegetativo de Inverno, com o aumento da temperatura, a planta intensifica a sua atividade metabólica, originando ramos novos e desenvolvendo floração intensa. Nesta fase a árvore apresenta elevadas necessidades de nutrientes e água. As mobilizações de solo efetuadas durante a primavera destroem o sistema radicular, dificultam a absorção de água e nutrientes, submetendo a planta a intenso stresse ambiental (Rodrigues e Cabanas, 2009).

Admite-se que as mobilizações criam uma descontinuidade no fluxo ascendente de água, barrando a subida de água por capilaridade das camadas inferiores para as camadas superficiais em desidratação. Isto será, sobretudo, relevante em pomares de sequeiro em que a disponibilidade de água é o principal fator que determina a produtividade. Contudo, se a operação for realizada com alguma humidade na camada superficial, esta será rapidamente perdida devido ao processo de arejamento do solo (Rodrigues e Arrobas, 2017).

Os solos mobilizados tornam-se mais vulneráveis à erosão hídrica (Figura 6), e o teor de matéria orgânica decresce devido ao arejamento excessivo do solo (Tisdall, 1989; Faleskens e De Graff, 2001; Arrobas e Rodrigues, 2002; Pastor et al., 2001). Em olivais mobilizados, a produção também é afetada negativamente, sobretudo pelos danos causados nas raízes das árvores. A danificação do sistema radicular dificulta a absorção de água e nutrientes próximos da floração, a fase mais sensível das árvores e qualquer stresse ambiental. A regeneração das raízes implica consumo suplementar de fotoassimilados que não poderão ser canalizados para os frutos e os novos ramos em crescimento (Rodrigues et al., 2010).

Assim, a seguir a uma chuvada do verão, a técnica só poderia ter alguma eficácia se a quantidade de precipitação atingisse camadas de solo com alguma profundidade, de contrário a mobilização só iria contribuir para a perda mais rápida da água presente na camada superficial. Estudos realizados em Espanha em olival têm, contudo, demonstrado que as mobilizações estão associadas a maiores perdas de água por evaporação que sistemas alternativos de gestão do solo sem mobilização (Almagro et al., 2016).



Figura 6. Erosão hídrica em olival com perda da fertilidade do solo por redução da sua espessura efetiva.

Estudos feitos por Montanaro et al. (2010) e Ramos et al. (2011) têm também demonstrado que solos mantidos com coberturas vegetais apresentam teores de matéria orgânica mais elevados, bem como outros parâmetros positivos da fertilidade do solo. A mobilização do solo pode assegurar um bom controlo da vegetação, mas perde-se alguma água por evaporação, embora este aspeto não seja, em princípio, significativo. O problema das mobilizações não é a falta de controlo da vegetação, mas sim a destruição do sistema radicular que impede a absorção da água e dos nutrientes. Essa destruição obriga a árvore a gastar anualmente fotoassimilados para repô-los em vez de canalizá-los para a parte aérea, para a produção de novos ramos, flores e frutos. Embora difícil de quantificar, a perda regular de parte do sistema radicular será um dos aspetos negativos importantes a ter em conta quando se opta por mobilizar os pomares (Rodrigues et al., 2011).

Quando se mobiliza incrementa-se a atividade dos microrganismos devido ao fornecimento de oxigénio. As mobilizações frequentes provocam também a destruição dos agregados, expondo a matéria orgânica nativa do solo que estava protegida pelos complexos argilo-húmicos da ação dos microrganismos. Assim, para condições ecológicas similares, solos mobilizados, sobretudo quando a operação é feita várias vezes ao ano, apresentam teores de matéria orgânica mais baixos e menor atividade biológica em comparação com solos mantidos com vegetação à superfície (Ferreira et al., 2013; Almagro et al., 2016).

Contudo, a densidade aparente pode aumentar em solos mantidos em sistemas de não mobilização com solo nu (Martinez-Mena et al., 2013). Tendo em conta a sensibilidade à asfixia radicular de algumas fruteiras, em solos que tendam a compactar pode haver necessidade de implementar um sistema com mobilização reduzida (Rodrigues e Arrobas, 2017).

As mobilizações de solo têm, contudo, vindo a ser abandonadas em vastas áreas do globo. Uma das razões principais é o facto de se ter demonstrado que um solo mobilizado, desprotegido de cobertura herbácea, sofre elevados riscos de erosão (Martinez et al., 2006 a,b; Durán et al., 2008; Gómez et al., 2009; Vanwalleghem et al., 2011; Kairis et al., 2013). Por outro lado, as mobilizações não contribuem para a economia de água do solo antes aumentam a sua perda por evaporação (Pastor, 2008; Arquero e Serrano, 2013).

3.2. Uso de herbicidas

No passado, as mobilizações foram a única forma de controlar a vegetação espontânea e viabilizar a olivicultura. Contudo, o avanço do conhecimento foi pondo à disposição do agricultor alternativas que podem e devem ser equacionadas (Rodrigues e Cabanas, 2009). Com o aparecimento dos herbicidas ganhou importância o controlo químico da vegetação espontânea do olival em alternativa às mobilizações (Rodrigues, 2013).

O surgimento da luta química, nomeadamente a utilização de herbicidas, constituiu-se como mais uma ferramenta na luta contra as infestantes que anualmente invadem os olivais (Figura 7). São utilizados na agricultura moderna com um objetivo principal, combater as infestantes dos campos de cultivo. Em muitos contextos agrícolas, como a olivicultura, os herbicidas são usados como métodos alternativos às mobilizações. Com o uso de herbicidas, a vegetação pode ser gerida de forma diversa. O solo dos olivais pode ser mantido nu, livre de infestantes durante todo o ano, ou, em alternativa, pode manter-se sob uma cobertura vegetal permanente (Rodrigues e Cabanas, 2009).

O uso de herbicidas tem permitido aumentar a produção relativamente às mobilizações, por não causar danos no sistema radicular e por permitir que este se desenvolva na camada superficial do solo, a mais fértil. Contudo, manter o solo permanentemente nu significa favorecer a erosão e reduzir progressivamente o teor em matéria orgânica do solo, de uma forma ainda mais acentuada do que as mobilizações (Rodrigues, 2013).



Figura 7. Olival tradicional gerido exclusivamente com aplicação de herbicida.

Deve também ter-se em conta que alguns herbicidas, sobretudo se mal aplicados, podem causar fito toxicidade nas árvores e contaminar as águas, sobretudo as substâncias de ação residual. É também espectável que ocorra reversão da flora infestante, isto é, que tendam a dominar o coberto um reduzido número de espécies tolerantes aos herbicidas utilizados, o que normalmente leva a que aumentem as dificuldades de combate e também a necessidade na mudança da substância ativa. Os equipamentos de aplicação de herbicidas devem estar em perfeitas condições e devidamente calibrados antes de serem utilizados (Celis et al., 2007; Canero et al., 2011; Rodrigues e Arrobas, 2017).

As infestantes são muito competitivas e os herbicidas devem ser usados com cautela principalmente em árvores jovens e particularmente em solos arenosos, nos quais os herbicidas podem penetrar na zona de enraizamento das plantas onde estão disponíveis a maioria dos nutrientes (Jackson, 2011; Penman e Chapman, 2011).

Os herbicidas residuais (por vezes em mistura com herbicidas pós emergência) são também utilizados em sistemas mistos de gestão da vegetação, em que ao longo das linhas de plantação se destrói a vegetação com herbicidas e na entrelinha se mantém uma faixa de enrelvamento permanente gerido com corte da vegetação. Por vezes são usados exclusivamente herbicidas pós-emergência como método de gestão da vegetação. Nestes sistemas permite-se o desenvolvimento de vegetação herbácea durante o Inverno, com papel importante na proteção e melhoria na fertilidade do solo, sendo a vegetação destruída durante a Primavera para reduzir a competição da vegetação pelos recursos hídricos. A vegetação seca, queimada pelo herbicida, confere alguma proteção ao solo

durante o Verão. Este sistema de gestão do solo quando bem aplicado tende a aumentar a produção e a produzir bons indicadores de fertilidade do solo (Rodrigues et al., 2011; Ferreira et al., 2013).

3.3. Cobertos vegetais

As coberturas vegetais apresentam um objetivo principal evidente: a proteção do solo contra a erosão hídrica, cuja importância é decisiva em olivais com declives acentuados. A versão mais consensual consiste em manter as infestantes vivas durante o período outono/inverno, com destruição da vegetação por meio de herbicidas de pós-emergência no fim do período húmido, em abril (Pastor et al., 2001). Em alternativa à luta química podem usar-se métodos mecânicos, como o corte, ou métodos térmicos, como a chama, o vapor de água e a radiação infravermelha.

Permitir que as infestantes se desenvolvam durante o Outono até ao fim do período húmido confere proteção ao solo contra a erosão hídrica. Durante o fim da Primavera e o Verão a vegetação morta, destruída por processo químico ou através do corte, confere ainda boa proteção ao solo. Sem qualquer dúvida, esta solução tem potencial de uso muito elevado sobretudo em solos com declive, onde os riscos de erosão se acentuam. Os cobertos vegetais tornam as perdas de solo negligenciáveis (Alves e Suzuki, 2001; Fleskens e De Graff 2001; Pastor et al., 2001). No verão, o “*mulching*” constituído pela vegetação morta reduz a temperatura do solo e a evaporação, e dificulta a emergência de infestantes (Rodrigues e Cabanas, 2007).

O desenvolvimento de vegetação espontânea é o único meio de introduzir matéria orgânica no solo em quantidades relevantes, tal como já foi referido. Por outro lado, a mineralização é dominada pela população heterotrófica do solo, cuja atividade depende, entre outros fatores, da disponibilidade de oxigénio. Não mobilizar significa limitar a difusão de oxigénio no solo, fator que contribui para a redução das taxas de mineralização da matéria orgânica (Santos, 1996; Varennes 2003).

Com uma cobertura permanente do solo com vegetação herbácea a taxa de infiltração de água aumenta e a compactação do solo diminui (Oliveira e Mervin, 2001) (Figura 8). As raízes das árvores podem desenvolver-se livremente na camada superficial e aceder aos elementos nutrientes disponíveis no solo (Toscano et al., 2004). Contudo, se o combate não for eficaz e/ou ocorrerem atrasos na data de aplicação dos herbicidas e a estação decorrer seca, o risco de consumo de água pelas infestantes em prejuízo da sua

utilização pelas árvores pode ser grande, já que, sem margem para dúvida, em olival de sequeiro a água é o principal fator limitante (Rodrigues e Cabanas, 2007).



Figura 8. Coberto vegetal natural em olival adulto.

A gestão do solo com cobertos vegetais é uma estratégia que visa ultrapassar alguns problemas associados à mobilização do solo e também ao uso de herbicidas. Um solo permanentemente coberto com vegetação fica protegido da erosão (Martinez et al., 2006 a,b; Durán et al., 2008; Gómez et al., 2009), principal ameaça a sustentabilidade do sistema de produção devido à redução progressiva da fertilidade do solo.

Os cobertos vegetais incrementam a entrada de detritos orgânicos a partir dos sistemas radiculares da vegetação e, como o solo não é mobilizado, a degradação dos detritos orgânicos é mais lenta, atuando os dois fatores no sentido de incrementar o teor de matéria orgânica do solo. Rodrigues (2009) e Correia (2009) consideram que a vegetação herbácea é a principal fonte de carbono no solo ao longo do ano, pelo desenvolvimento dos sistemas radiculares e pela deposição dos tecidos mortos das infestantes.

As propriedades físicas dos solos também melhoram pela ação das raízes das plantas e pelo aumento do teor de matéria orgânica. Tem sido demonstrado, em situações agrícolas diversificadas, que os cobertos vegetais aumentam o teor de matéria orgânica no solo (Montanaro et al., 2010; Ramos et al., 2010; 2011; Rodrigues et al., 2015b), incrementam a atividade biológica pelo aumento do substrato orgânico a decompor (Moreno et al., 2009; Ramos et al., 2010; 2011; Ferreira et al., 2013, Rodrigues et al., 2015b) e melhoram as suas propriedades físicas (Ramos et al., 2010; 2011; Guzmán e Foraster, 2011; Garcia-Franco et al., 2015).

Gerir cobertos vegetais naturais ou semeados tem influência significativa na produtividade das árvores, na sustentabilidade do sistema de produção, no rendimento do produtor e pode ainda ter implicações ambientais significativas. Mais recentemente, e associados a motivações ecológicas e de preservação ambiental, têm sido promovidos sistemas de manutenção do solo que preveem uma maior permanência de vegetação herbácea natural ou semeada nos pomares e em que as mobilizações e/ou a aplicação de herbicidas perdem significado ou são integralmente abandonadas (Rodrigues e Arrobas, 2017).

A cobertura pode ser também de uma fonte importante de azoto, quando contém espécies da família das leguminosas que estabelecem relações simbióticas com bactérias do género das rizobiáceas (Figura 9). Os cobertos interagem modificando o meio e estabelecendo relações múltiplas com outros organismos vivos e com o solo. Em teoria podem ser hospedeiros alternativos de pragas e doenças da oliveira, mas também podem fomentar o papel dos auxiliares. O próprio microclima do olival pode ser alterado com a presença de cobertos. Constituem-se também reservatório de biodiversidade e hoje ninguém tem dúvidas do quanto negativa pode ser a perda da biodiversidade (Rodrigues e Correia, 2009).



Figura 9. Coberto vegetal à base de leguminosas em olival adulto.

Em fruticultura, e em particular nos olivais, os cobertos vegetais podem ser de natureza muito diferente. Pode usar-se vegetação natural ou semear-se uma elevada diversidade de espécies e/ou cultivares. Também dentro dos cobertos vegetais a opção por diferentes variantes pode originar resultados marcadamente diferentes para as árvores e para o sistema de produção pelo geral. A escolha do melhor coberto pode depender de

variáveis diversas, como as condições ecológicas (clima, solo) e culturais (sequeiro, regadio) em que cada olival está inserido (Rodrigues e Arrobas, 2017).

3.4. Cobertos vegetais naturais

A vegetação não semeada é o método mais difundido e natural de cobertura vegetal em pomares. Este tipo de cobertos não requer sementeira ou incorporação dos resíduos da espécie semeada no solo, mas a vegetação precisa de ser cortada com frequência para reduzir a competição com as árvores.

A vegetação herbácea protege o solo do impacto direto das gotas de chuva e sustenta o solo, evitando fenómenos de erosão desde que a cobertura seja abundante (Keesstra et al., 2016; Torres et al., 2018). Como o corte substitui a lavoura, o sistema radicular das árvores não é danificado (Rodrigues e Arrobas, 2017; Lisek e Buler, 2018). O desenvolvimento da vegetação aumenta a deposição de resíduos orgânicos, o que, aliado à redução de fenómenos de renovação da composição do ar, permite o aumento da matéria orgânica e da atividade biológica do solo com grande influência no ciclo de nutrientes (Hoagland et al., 2008; Rodrigues et al., 2015a; Almagro et al., 2016). Além disso, a presença de vegetação herbácea favorece o tráfego de equipamentos e pessoas e reduz os riscos de compactação do solo. Vegetação herbácea que cresce durante o inverno também pode atuar como uma cultura de captura (catch crop) evitando a perda de azoto por lixiviação e/ou desnitrificação (Rodrigues et al., 2002; Gabriel et al., 2012). O desenvolvimento contínuo das raízes melhora a estrutura do solo, o que aumenta a infiltração e o armazenamento de água (Blanco-Canqui et al., 2017).

Os cobertos de vegetação natural consistem na gestão da vegetação espontânea que surge periodicamente no pomar. A quantidade e natureza da vegetação que se desenvolve dependem da fertilidade do solo e das técnicas de controlo da vegetação que forem implementadas. De uma maneira geral, esta vegetação cumpre adequadamente o requisito de proteção do solo contra a erosão, uma vez que a elevada diversidade de espécies mantém o solo coberto durante todo o ano, normalmente com vegetação verde do outono à primavera e vegetação seca no período estival (Rodrigues e Arrobas, 2017).

A vegetação natural apresenta algumas outras vantagens, sendo a primeira o facto de não ter custos de instalação. Por outro lado, tendem a ser cobertos de elevada biodiversidade, com cadeias tróficas mais ricas, o que pode reduzir a incidência de algumas pragas por favorecimento dos auxiliares (Guzmán e Foraster, 2011; Penman e

Chapman, 2011). Infelizmente, por vezes também se suspeita que a vegetação espontânea possa ser hospedeira alternativa de pragas e doenças e agravar a situação fitossanitária do pomar (Penman e Chapman, 2011; Arquero e Serrano, 2013).

A vegetação natural é muito competitiva devido à elevada diversidade de espécies que contém. O risco de perda de produção é elevado, sobretudo em olivais de sequeiro. Quando se faz a gestão da vegetação pelo corte pode haver necessidade de efetuar várias passagens, de forma a conter a perda de água através da transpiração do coberto. A vegetação natural pode também ser gerida com a aplicação de herbicidas pós-emergência a partir da Primavera. Por este processo o controlo da vegetação tende a ser mais eficaz, pelo que pode estar mais adequado aos pomares de sequeiro. Nestes casos, preconiza-se a destruição da vegetação entre o fim de março e o início de abril, quando os riscos de limitação hídrica começam a ser reais (Rodrigues e Arrobas, 2017).

3.5. Cobertos vegetais semeados

Os cobertos vegetais semeados têm elevado potencial de utilização em olivais. Quando se semeia um coberto vegetal num pomar assume-se que a vegetação semeada apresenta vantagens relativamente à vegetação espontânea, pois a sementeira e a gestão dos cobertos semeados geram custos que a vegetação espontânea não tem. Nos pomares tem-se ensaiado um pouco de tudo, gramíneas (cevada, aveia, azevém), leguminosas (tremoceiros, ervilhacas, espécies pratenses), brássicas (mostarda, colza), misturas das anteriores (aveia com ervilhaca, misturas pratenses biodiversas) e até uma diversidade de plantas aromáticas e medicinais (tomilho, salva, alecrim). Qualquer das soluções apresenta particularidades próprias que devem ser avaliadas na escolha do coberto para um dado pomar (Rodrigues et al., 2010).

As brássicas, como mostarda e colza, podem ser usadas como sideração para promover o teor de matéria orgânica no solo, uma vez que apresentam bom desenvolvimento vegetativo durante inverno e elevada produção de biomassa (Rodrigues et al., 2010). As gramíneas têm sido propostas para olival e amendoal, sobretudo em regadio e solos argilosos, para controlar a erosão, melhorar as propriedades físicas do solo e favorecer a transitabilidade de equipamentos agrícolas (Ramos et al., 2011; Guzmán e Foraster, 2011; García-Franco et al., 2015).

As leguminosas, designadamente ervilhacas e tremoceiros, têm sido usadas a pensar na capacidade destas espécies em fixar azoto atmosférico e melhorar a fertilidade do solo

permitindo a redução de custos com a aplicação de fertilizantes azotados (Rodrigues et al., 2013; Arrobas et al., 2015; Ferreira et al., 2015; Almagro et al., 2016).

Nos anos recentes tem sido dada atenção particular aos cobertos vegetais semeados à base de leguminosas anuais de ressementeira natural (Figura 10). As leguminosas têm acesso a azoto atmosférico através da relação simbiótica que estabelecem com microrganismos da família Rizobiaceae (Cooper e Scherer, 2012).

Devido ao potencial de fixação de azoto das leguminosas e à facilidade de gestão destes cobertos, estão a ser fortemente promovidos pelos investigadores (Driouech et al., 2008; Mauromicale et al., 2010; Arrobas et al., 2011; Rodrigues et al., 2010; 2013), esperando-se que a sua utilização aumente de forma significativa nos próximos anos nos pomares e vinhas da região mediterrânica. Nos olivais de Trás-os-Montes, devido à reduzida fertilidade natural do solo e às vantagens das leguminosas sobre a outra vegetação por terem acesso ao azoto atmosférico, aquelas estabelecem-se mais facilmente. Devido ao seu efeito favorável na fertilidade do solo, as leguminosas pratenses têm vindo a ser utilizadas na gestão do solo em pomares, vinhas, lúpulo e outras culturas perenes.



Figura 10. Aspeto de um olival adulto com coberto vegetal de leguminosas anuais de ressementeira.

3.6. Sistemas mistos de gestão do solo

Os sistemas mistos de gestão da vegetação recorrem a uma combinação de métodos como as mobilizações, usos de herbicidas ou cobertos vegetais. Uma solução de gestão do solo não pode ser separada do contexto. Isto é, não será fácil responder de forma

simples qual a melhor solução para manter o solo dos olivais. Provavelmente a solução depende do contexto agroecológico, designadamente do tipo de solo (textura, declive) e do sistema de cultivo (regadio, sequeiro). Em muitas situações, preconizam-se, inclusive, sistemas mistos em que parte da superfície do solo é gerida com mobilizações, herbicidas, ou cobertos vegetais (Rodrigues e Arrobas, 2017).

Segundo Sirrine et al. (2008) e Jackson (2011), provavelmente o método de gestão do solo mais utilizado em pomares de todo o mundo consiste em criar uma zona livre de infestantes junto à linha das árvores e permitir o desenvolvimento de vegetação natural ou semeada nas entrelinhas. Junto às árvores, a vegetação é destruída com herbicidas residuais, pós-emergência ou combinação de substâncias ativas, para proteção do sistema de rega e reduzir a competição da vegetação com as árvores. Na entrelinha permite-se o desenvolvimento da vegetação, que pode ser gerida com destróador.

3.7. Cobertos geridos com corte

A vegetação pode ser controlada com equipamentos que fazem a sua destruição física, designadamente com destróadores de correntes ou de facas. Nestes sistemas não se mobiliza o solo nem se utilizam herbicidas (Figura 11). O controlo da vegetação herbácea pelo corte é um método muito eficaz para prevenir a erosão, uma vez que o solo nunca se encontra nu durante todo o ano (Pastor et al., 2001). A maior tolerância com o desenvolvimento da vegetação herbácea e o facto de não se mobilizar permite que o teor de matéria orgânica do solo aumente (Osborn et al., 2004; Pisante et al., 2004). Contudo, o corte não elimina completamente a vegetação. Após o corte pode haver recrescimento, continuando o coberto a transpirar água. Este aspeto faz com que estes sistemas de manutenção do solo originem menores produções quando comparados com o uso de herbicidas pós-emergência (Montemurro et al., 2002).



Figura 11. Exemplo de um coberto vegetal natural, em olival adulto, gerido com corte.

A vegetação natural quando gerida com corte tende a ser dominada por espécies perenes melhor adaptadas a este método de gestão que as espécies anuais que dependem da produção de semente (Figura 13). As espécies perenes tendem a ser muito competitivas pelos recursos incluindo a água. A menos que se mantenha a vegetação fortemente controlada na primavera, através de cortes sucessivos, o que também tem custos, a produtividade da árvore pode ser fortemente reduzida, o que é também uma ameaça à sustentabilidade (Rodrigues et al., 2019). Sempre que a vegetação atinge um desenvolvimento que lhe confere elevada competição pela água e pelos nutrientes procede-se ao corte (Rodrigues e Cabanas, 2009).

O coberto vegetal pode ser constituído pela flora natural do olival ou resultar da sementeira de espécies cultivadas. A vegetação natural apresenta como principal vantagem o facto de não ter custos. A introdução de espécies cultivadas apresenta custos com a aquisição da semente e com a sementeira. Contudo, a sementeira permite que o coberto seja dominado por espécies a que se reconheçam vantagens para se atingir qualquer objetivo previamente estabelecido (Rodrigues e Cabanas, 2009).

Os cobertos vegetais geridos com corte constituem-se como um método adequado para controlar a erosão, na medida em que um tapete de vegetação protege o solo durante todo o ano. Esta forma de manter o solo também não interfere com o normal desenvolvimento do sistema radicular, permitindo uma boa nutrição da planta. Pelo facto de ser mais permissivo com o desenvolvimento da vegetação será dos sistemas que melhor cumpre o objetivo de promover o aumento do teor de matéria orgânica do solo (Rodrigues e Cabanas, 2009).

Pelo contrário, o corte, não assegura controlo satisfatório da transpiração das plantas, sobretudo quando o coberto é dominado por espécies que se regeneram rapidamente após o corte, como as gramíneas e espécies perenes. Assim, será sempre um método de eficácia duvidosa para implementar em olivais de sequeiro. Outra pequena limitação será o facto de equipamentos de corte não funcionarem adequadamente se aparecem pedras, obstáculos ou declives pronunciados (Rodrigues e Cabanas, 2009).

Quanto maior for a tolerância para com a vegetação herbácea maiores serão os benefícios na proteção do solo e no incremento da sua fertilidade, mas maiores serão os riscos de redução da produção. Assim, em sequeiro a perda de água pelo coberto deve ser o aspeto principal a ter em conta, já que a falta de água no longo período estival é o principal fator limitante da produção. Em condições de sequeiro os cobertos devem se

destruídos mais cedo, enquanto em regadio podem ser destruídos mais tarde, favorecendo-se a acumulação de biomassa (Rodrigues et al., 2010).

A gestão do coberto vegetal herbáceo pelo corte é um método muito utilizado em olival biológico, onde as mobilizações não são recomendadas e o uso de herbicidas não é permitido. É também o método de gestão da vegetação mais utilizado em olival regado e, de uma maneira geral, em fruticultura em regiões húmidas, onde a disponibilidade de água no solo não é fator limitante (Anderson et al., 1992; Lipecki e Berbeé, 1997).

3.8. Gestão de cobertos com pastoreio

O pastoreio tornou-se um método de manutenção da vegetação herbácea muito eficiente e sustentável em olival. Os produtos do rebanho (carne, leite, lã) valorizam esta opção e compensam alguma quebra de produção de azeitona que possa ocorrer. Pode também economizar-se em fertilizantes não só pela produção de estrumes, mas também pelos dejetos dos rebanhos que são dispersos pelos olivais. Entretanto, o número de produtores a efetuar este sistema ainda é baixo e os rebanhos disponíveis comparativamente com a área de olival insignificante (Rodrigues e Cabanas, 2009).

A ação de pastoreio, segundo Morris (2000), modifica a estrutura da vegetação pela seleção entre plantas palatáveis e não palatáveis e influencia na variação topográfica, alterando a heterogeneidade espacial das diferentes espécies.

Nesse contexto, Nabinger et al. (1999) citam também o pastoreio como uma das principais atividades económicas, sendo considerado frequentemente o principal fator que mantém as propriedades ecológicas e as características fisionómicas dos campos. Para Bazzaz (1983) o pastoreio tem papel muito importante na geração e manutenção de características como diversidade específica e organização da comunidade, mas essas alterações nem sempre se dão de forma benéfica. Altas pressões de pastoreio foram relacionadas por Zhao et al. (2006) com redução da diversidade de plantas herbáceas e arbustos em áreas de pastagem, já que a ação do pastoreio é seletiva de acordo com a apetência das plantas ao paladar dos animais. Devido a esse fato, a composição de espécies e a estrutura da vegetação estão sujeitas às perturbações exercidas no meio.

Foi constatado em estudos realizados por Schneider e Galvão (1979) que há uma relação próxima entre a intensidade do pastoreio e a modificação (seleção) na composição de espécies. Nesse contexto, Torres et al. (2012) indicam dois aspetos que requerem maior atenção no manejo animal sobre as pastagens: a pressão de pastoreio; e a movimentação

dos animais. Outro critério ao qual deve ser dada maior ênfase é a análise da densidade de animais sobre as áreas de pastagens naturais, com a finalidade de sempre se encontrar um equilíbrio razoável (Redin, 2013).

4. Cobertos vegetais de leguminosas anuais de ressementeira

Em pomares de sequeiro, como acontece na maioria dos olivais de Trás-os-Montes, a técnica de implementação de cobertos vegetais tem de ser vista com particular atenção. Os cobertos competem pelos recursos, em particular pela água. Alguns estudos mostraram que a introdução de cobertos vegetais reduz a produção de azeitona. Assim, em olival de sequeiro, as espécies usadas nos cobertos vegetais devem apresentar ciclos biológicos assíncronicos com o das oliveiras, isto é, o seu desenvolvimento deve ocorrer no período outono/inverno, quando as oliveiras se encontram em repouso vegetativo. Por outro lado, devem ser usadas espécies leguminosas, que possam aceder a azoto atmosférico e contribuir para o incremento da fertilidade do solo (Rodrigues et al., 2015).

Em olival podem semear-se leguminosas pratenses de ressementeira natural e ciclo curto em alternativa à manutenção da vegetação herbácea natural (Figura 12). As espécies de ciclo curto apresentam vantagens relativamente à vegetação natural, na medida em que transpiram menos água no fim da Primavera. Por outro lado, a presença de leguminosas pode aumentar a fertilidade do solo através da simbiose que estas espécies estabelecem com microrganismos com capacidade de fixar azoto atmosférico e de o transferir para as árvores (Russelle, 2008).

Leguminosas de ressementeira natural são plantas de ciclo anual que se reproduzem por semente e que, uma vez instalado o coberto, as espécies e/ou cultivares que o constituem podem auto semear-se anualmente sem necessidade de uma nova sementeira. Estas plantas germinam no início do Outono às primeiras chuvas e terminam o ciclo na Primavera seguinte. Há uma elevada diversidade de espécies e variedades que podem ser usadas com este fim, designadamente trevos subterrâneos, trevo encarnado e serradelas (Rodrigues e Arrobas, 2009).



Figura 12. Olival adulto semeado com leguminosas de ressementeira natural e ciclo curto, designadamente cultivares de trevo subterrâneo.

Estes tipos de coberto são preferencialmente indicados para solos de baixa fertilidade, onde outra vegetação apresenta dificuldades de desenvolvimento. As leguminosas, tendo acesso a azoto atmosférico, têm uma enorme vantagem relativamente à restante vegetação. Esta característica permite-lhes incorporar uma elevada quantidade de resíduo orgânico de baixa razão carbono/azoto no solo, o que aumenta a atividade biológica do solo e liberta elevadas quantidades de azoto que as árvores podem aproveitar (Snoeck et al., 2000; Rodrigues et al., 2015a).

Devido ao rápido estabelecimento das leguminosas no outono, este tipo de cobertos confere elevada proteção ao solo contra a erosão. Para assegurar a persistência das espécies semeadas ao longo dos anos, a gestão destes cobertos tem as suas particularidades. Os cobertos não podem ser cortados até que se atinja a maturação das sementes, de contrário interrompe-se o ciclo biológico das espécies. A duração do ciclo da vegetação gere-se escolhendo cultivares com ciclo mais longo ou mais curto consoante o objetivo seja ter vegetação verde até mais tarde na primavera ou desejar que o ciclo termine mais cedo para, por exemplo, reduzir a competição pela água (Rodrigues et al., 2010b; Arrobas et al., 2011; Rodrigues, 2013).

Após a maturação fisiológica das sementes das espécies semeadas, a outra vegetação herbácea pode ser destruída com destroçador, com herbicidas pós-emergência ou pastoreada com animais, de forma a reduzir o risco de incêndios durante o verão (Rodrigues e Arrobas, 2009).

Estudos em olival com cobertos vegetais de leguminosas semeadas mostraram que é possível manter as árvores em elevado estado nutricional e com maior produção de azeitona quando comparado com vegetação natural em que as árvores foram adubadas com 60 kg N/ha/ano (Rodrigues et al., 2015a).

Na região mediterrânica, os cobertos semeados são compostos por espécies anuais de ressementeira natural (isto é, reproduzem-se exclusivamente por sementes) o que obriga a que a vegetação se desenvolva até ao fim do ciclo biológico para permitir a formação da semente. Este tipo de vegetação, sendo comum em regadio, pode ser problemático em sequeiro. Contudo, algumas cultivares de trevo-subterrâneo apresentam ciclo particularmente curto, com sementes maduras muito cedo na primavera, e reduzida expansão vegetativa (Rodrigues et al., 2019).

Assim em resumo as espécies/cultivares para sequeiro devem ter ciclo curto para reduzir a competição pela água, serem leguminosas para se desenvolverem em solos pobres, fixarem azoto atmosférico e sequestrarem maior quantidade de carbono e de ressementeira natural para maximizar a proteção do solo no outono e reduzir custos evitando sementeiras frequentes (Rodrigues, 2012).

Os cobertos vegetais de leguminosas semeadas podem ainda contribuir para viabilizar o modo de produção biológico em olival. O modo de produção biológico não se tem conseguido expandir em olival devido à falta de uma fonte natural de azoto (Rodrigues, 2012).

5. Materiais e métodos

5.1. Localização e caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido num olival de sequeiro, na freguesia de Sampaio (41° 48' N; 6°41' W), concelho de Mogadouro e distrito de Bragança no Nordeste de Portugal. É um pomar da variedade santulhana com uma área total de 1100 m² ocupados com um total de 25 árvores adultas. O pomar apresenta-se num compasso de 8 m × 8 m.

A parcela onde se encontra instalado o olival tem reduzida inclinação, sendo o solo um coluvião originado por um muro de controlo de erosão. A textura é franco-arenosa com 19,8% de argila, 13,2% de limo e 67,0% de areia. É um solo neutro e teor de matéria orgânica baixa. Algumas propriedades do solo determinadas em amostras recolhidas na data de instalação do ensaio na profundidade 0-20 cm são apresentadas no quadro 1.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, a região está sob influência de um clima temperado do tipo C, pertencendo ao subtipo Csb, clima temperado húmido com verão seco e temperado. Uma temperatura média anual superior a 10 °C e inferior ou igual a 12,5 °C e uma precipitação acumulada entre 500 a 700 mm determinam a sua inclusão na designação local “Arribas do Sabor” que, segundo Gonçalves (1985) é, em termos de clima, uma zona de transição entre a Terra Quente e a Terra Fria.

5.2. Delineamento experimental

Neste ensaio foram utilizados dois tratamentos, um coberto de leguminosas semeadas e uma modalidade testemunha com mobilização tradicional do solo. Foram usadas árvores individuais como unidades experimentais, tendo-se marcado 6 oliveiras por tratamento todas elas de características homogéneas.

O coberto de leguminosas semeadas foi composto por duas cultivares de trevo subterrâneo, designadamente Dalkeith e Campeda, caracterizadas por serem de ciclo curto. O tratamento mobilização foi conseguido com duas escarificações na Primavera, uma na data de 9 de abril de 2022 e outra em 27 de maio do corrente ano.

Foi semeado um pequeno talhão com aveia (*Avena sativa* L.) de 8 m² para posterior comparação da quantidade de biomassa produzida e azoto exportado entre uma gramínea, sem acesso a azoto atmosférico, e as leguminosas usadas como coberto semeado.

Como forma de avaliar a capacidade de germinação das variedades de trevo usadas no ensaio (Dalkeith e Campeda), foi efetuada uma sementeira em vasos. Contaram-se três grupos de 100 sementes de cada cultivar que se semearam a 1 cm de profundidade em solo humedecido à capacidade de campo. Nos dias seguintes registou-se a emergência até se considerar terminada.

Quadro 1. Algumas propriedades do solo na profundidade 0-20 cm na data de instalação do ensaio.

Propriedades do solo	
¹ Carbono total (g kg ⁻¹)	24,27±1,50
² Carbono facilmente oxidável (g kg ⁻¹)	6,82±0,55
³ pH (H ₂ O) (1:2,5)	7,10±0,05
³ pH (KCl) (1:2,5)	6,24±0,07
⁴ Fósforo extraível (mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	124,09±11,63
⁴ Potássio extraível (mg K ₂ O kg ⁻¹)	193,33±34,43
⁵ Potássio de troca (K ⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	0,44±0,08
⁵ Sódio de troca (Na ⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	0,64±0,09
⁵ Cálcio de troca (Ca ²⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	5,80±0,16
⁵ Magnésio de troca (Mg ²⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	10,72±0,46
⁶ Acidez de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,07±0,06
⁷ Capacidade de troca catiónica (cmol _c kg ⁻¹)	17,66±0,57
⁸ Boro (mg kg ⁻¹)	0,61±0,02
⁹ Ferro (mg kg ⁻¹)	101,51±40,75
⁹ Zinco (mg kg ⁻¹)	1,78±0,48
⁹ Cobre (mg kg ⁻¹)	3,37±0,93
⁹ Manganês (mg kg ⁻¹)	136,29±37,90

¹Incineração; ²Digestão húmida (Walkley-Black); ³Potenciometria; ⁴Lactato de amónio; ⁵Acetato de amónio; ⁶Acidez de troca; (cloreto de potássio); ⁷Soma das bases e acidez de troca; ⁸Água fervente, azometina-H; ⁹Acetato de amónio e EDTA

5.3. Instalação e manutenção do ensaio

No ano anterior à instalação do coberto, foram adicionadas 0.5 toneladas de matéria orgânica ao olival. A instalação do ensaio decorreu no dia 11 de outubro de 2021. Numa primeira fase, a área correspondente à instalação dos trevos foi previamente mobilizada

em maio de 2021 com objetivo de garantir uma boa base de germinação das sementes. Após a preparação do terreno, recorreu-se ao método de sementeira manual a lanço e posteriormente à cobertura das sementes (no processo de cobertura das sementes foi utilizado o trator com escarificador e respetiva grade de ferro). O mesmo procedimento foi repetido para o talhão da aveia.

A manutenção do ensaio decorreu entre as datas de 11 de outubro de 2021 (início da sementeira) a 8 de junho de 2022 (fase de senescência dos trevos). Quatro meses após a implementação do coberto, procedeu-se ao corte das infestantes com auxílio de uma moto roçadora com o objetivo de reduzir a competição pelos recursos e favorecer o desenvolvimento dos trevos.

No talhão descrito como modalidade testemunha, foram realizadas duas mobilizações de solo, a primeira em abril e a segunda em maio.

As árvores foram podadas em abril de 2022, durante o decorrer do ensaio.

5.4. Registo dos estados fenológicos

Durante o período de manutenção e monitorização do ensaio foram determinados em campo os estados fenológicos dos trevos. Esse registo ocorreu semanalmente durante o período de desenvolvimento dos trevos, de 11 de outubro a 6 de junho. Foi utilizada a escala fenológica decimal BBCH para mono e dicotiledóneas (Meier et al., 2018).

5.5. Colheita de amostras e análises laboratoriais

Realizaram-se duas amostragens de solo nos meses de novembro de 2021 e maio de 2022. Folhas de oliveira foram colhidas em duas fases, a primeira no momento do repouso vegetativo, nos meses de janeiro (pouco depois da colheita das azeitonas), e a segunda em junho (após o vingamento do fruto). Colheram-se folhas do terço médio dos ramos num número entre 90 a 100 folhas por tratamento. Relativamente aos cortes da biomassa dos trevos, estes foram feitos em três fases, no momento de floração, de frutificação e na fase de maturação das sementes. Colheram-se trevos em três locais diferentes e de forma aleatória do bloco correspondente ao coberto, numa área de colheita de 80 cm². As amostras de solo e folhas (trevos e oliveiras) recolhidas do campo foram identificadas, colocadas em sacos plásticos e enviadas de imediato para laboratório.

5.5.1. Análises ao solo

Determinação da matéria orgânica

A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black, que consiste na digestão húmida da matéria orgânica da amostra de solo, com uma mistura de dicromato de potássio e ácido sulfúrico a uma temperatura de aproximadamente 120 °C, durante 30 minutos, para oxidar formas de carbono orgânico facilmente oxidáveis. Para a determinação do carbono facilmente oxidável, o dicromato residual foi titulado com sulfato de ferro e o teor de matéria orgânica foi estimado através da multiplicação da percentagem de carbono pelo fator 1,72, tendo em conta a suposição de que a matéria orgânica da amostra de solo contém cerca de 58% de carbono (Van Reeuwijk, 2002).

pH

O pH foi determinado em água a partir da proporção entre solo e água de 1 para 1,25 (p/v), e após agitação por 2 horas. A leitura foi feita por potenciometria. Foi também determinado o pH em cloreto de potássio, usando uma proporção de 1 para 2,5 (p/v) de solo e solução de 1M KCl, após agitação por 2 horas. A leitura fez-se também por potenciometria.

Capacidade de troca catiónica

Foram pesadas 2,5 g de solo e adicionados 50 ml de uma solução de acetato de amónio tamponizada a pH 7. Após 30 minutos de contacto e agitação, os catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ foram determinados no extrato filtrado por espectrofotometria de absorção atómica (Van Reeuwijk, 2002) num equipamento PYE Unicam PU 9100X.

Acidez de troca

Foram colocadas 10 g de amostra de solo em contacto com 100 ml de uma solução de KCl 1M e agitada durante 30 minutos. Depois de filtrada a suspensão fez-se uma titulação com NaOH 0,1 M usando a fenolftaleína como indicador (Sims, 1996).

Fósforo e potássio extraíveis

Foram determinados de acordo com o método de Egner-Riehm, que consiste numa mistura com a proporção de 1:20 (p/v), de uma amostra de solo e uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH 3,5, agitando-se durante duas horas (MAP, 1977). Após filtração, o fósforo (P_2O_5) foi determinado por espectrofotometria UV/VIS no comprimento de onda 882 nm, após o desenvolvimento de cor pelo método do ácido ascórbico. Este método de desenvolvimento de cor consiste na formação de um complexo ácido fosfomolibdénico que foi reduzido a azul-fosfomolibdénico na presença de ácido ascórbico (Van Reeuwijk, 2002). O equipamento utilizado foi um espectrofotómetro UV/VIS T80 PG Instrument Lda. A quantificação do potássio (K_2O) realizou-se por fotometria de chama (MAP, 1977) no equipamento fotómetro de chama Jenway.

Cobre, ferro, zinco e manganês

O elemento cobre, ferro, zinco e manganês foram extraídos com uma solução de acetato de amónio, ácido acético e ácido etileno diaminotetracético e medidos por espectrometria de absorção atómica (Lakanen e Ervio, 1971) num equipamento PYE Unicam PU 9100X.

boro

O boro foi extraído pelo método de água fervente na presença de $CaCl_2$ 0.1M. A quantificação do boro extraído foi feita pelo método colorimétrico que usa a azometina-H como reagente de desenvolvimento de cor (Keven, 1996) e é depois determinado num espectrofotómetro UV/VIS a 430 nm.

5.5.2. Análises de tecidos vegetais

Determinação de azoto

Foram pesados 1 g de amostra de tecido vegetal que foram transferidos para tubos de digestão para equipamentos Kjeldahl e colocados em um suporte de alumínio com capacidade para 20 frascos. Adicionaram-se duas pastilhas de um catalisador (selênio) e 15 ml de ácido sulfúrico concentrado (95-97%). Em seguida, as amostras foram aquecidas a 400 °C durante 40 minutos. Terminado o período de digestão, deixou-se arrefecer e colocou-se o tubo de digestão num equipamento automático Kjeltec TM 8400 Analyser unit FOSS, ao qual foi adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio. A amónia formada é arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução recetora de ácido bórico e indicadores (Bremner, 1996).

Determinação de boro

Pesou-se 1 g das amostras sendo transferidas para cadinhos onde se adicionou 0,10 g de óxido de cálcio e se misturou até a amostra ficar homogénea. De seguida, os cadinhos foram 90 minutos para uma mufla onde se realizou a queima das amostras à temperatura de 500 °C. Após a queima adicionaram-se 10 ml de ácido sulfúrico 0,5 M e após 30 minutos filtraram-se as amostras. Posteriormente, transferiu-se 1 ml das amostras para tubos de 10 ml de polipropileno e foram adicionados 2,0 ml de azometina-H e 30 minutos depois do desenvolvimento de cor realizaram-se as leituras de absorbância das amostras em espectrofotómetro com comprimento de onda 420 nm (Walinga et al., 1989).

Fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês

Foram pesados 0,25 g das amostras sendo transferidas para tubos de digestão aos quais se adicionaram 10 ml de ácido nítrico. Os tubos foram fechados e levados para digestão em micro-ondas MARSXpress. Após a digestão, o líquido foi transferido para um tubo 50 ml que se completou com água desionizada. Foram quantificados os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês em espectrofotômetro de absorção atômica num equipamento PYE Unicam PU 9100X. Para a determinação do fósforo, após a diluição adicionou-se 4,0 ml da solução molibdato de amônio azul com ácido ascórbico. Após 35 minutos foram realizadas as leituras de absorbância em espectrofotômetro a um comprimento de onda 882 nm (Walinga et al., 1989).

5.6. Análise de dados

As amostras foram submetidas a análise de variância usando o teste t de Student para $\alpha = 0,05$.

6. Resultados

6.1. Germinação, grau de cobertura e estados fenológicos dos trevos

6.1.1. Germinação

A figura 13 mostra a percentagem de germinação das duas variedades de trevos Dalkeith e Campeda implementadas no ensaio. Os resultados da percentagem de germinação dos trevos mostraram que, após 4 dias da realização da sementeira, cerca de 30% dos trevos da variedade Campeda tinham germinado e, em contrapartida, só 2% dos trevos da variedade Dalkeith é que germinaram.

A comparação da percentagem de germinação entre as duas variedades revela que, numa fase inicial, a variedade Campeda germinou mais rapidamente quando comparada com a variedade Dalkeith, mas com o decorrer do tempo ambas as variedades conseguiram atingir percentagens de germinação sem diferenças significativas. A reduzida percentagem de germinação da cultivar Dalkeith na fase inicial pode dever-se à maior dureza das sementes desta cultivar.

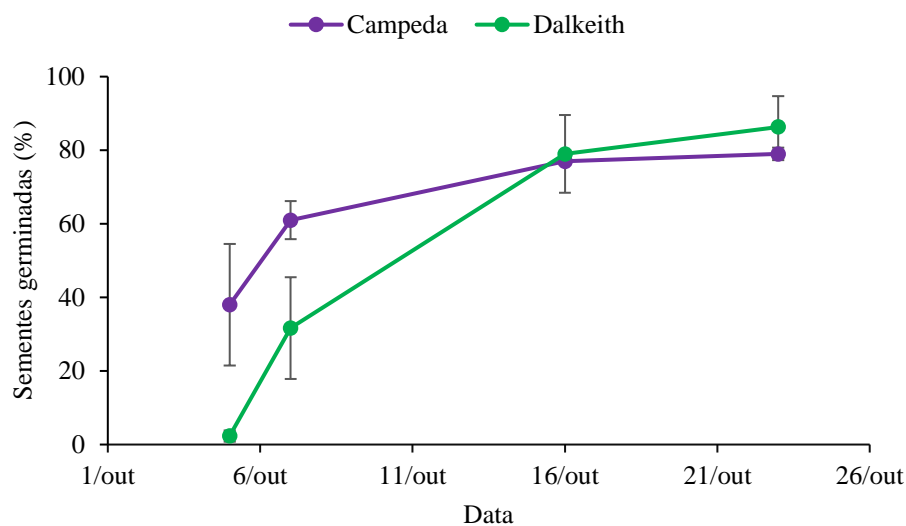


Figura 13. Percentagem de germinação das variedades de trevos subterrâneos usados no ensaio. As barras apresentadas na figura, alinhadas verticalmente, representam o desvio padrão das médias.

6.1.2. Grau de cobertura

A figura 14 mostra a superfície de solo que corresponde aos principais componentes que a ocupam, designadamente urtigas, morugens, trevos semeados e solo nu. Como seria de prever, no dia 11 de outubro (data em que se preparou o solo e realizou a sementeira), a percentagem de solo nu era de 100%. Dezoito dias após a sementeira, a percentagem de solo nu começou a descer e em contrapartida os trevos e infestantes começaram a surgir. No dia 15 de novembro evidencia-se claramente um decréscimo percentual da superfície em que o solo se encontra nu, sem vegetação, para cerca de 25%. No decorrer do ensaio evidencia-se um aumento significativo da percentagem de coberto por trevos semeados para um valor percentual na ordem dos 55% e as infestantes a terem também alguma representatividade.

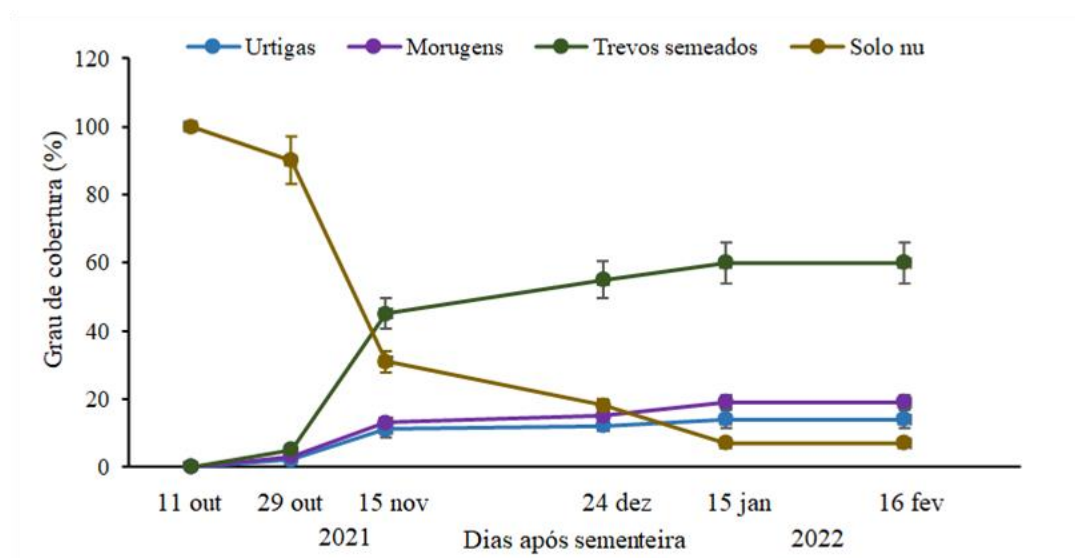


Figura 14. Grau de cobertura da superfície do solo com urtigas, morugens, trevos semeados e solo nu ao longo do tempo. As barras dispostas na forma vertical representam o desvio padrão das médias.

6.1.3. Estados fenológicos

No quadro 2 podem observar-se os diferentes estados fenológicos dos trevos instalados ao longo do tempo. Os registos efetuados indicam claramente que os trevos implementados são de ciclo precoce, isto é, são variedades em que a floração se inicia muito cedo. Pela análise dos registos fenológicos percebe-se que os trevos implementados entram em senescência no momento em que se verifica um aumento das temperaturas e

também uma redução da disponibilidade de água no solo. O facto da floração e senescência das plantas ocorrerem muito cedo pode ser vantajoso para a oliveira, pois não existe o risco de competição pela água e nutrientes

Quadro 2. Registo da evolução fenológica dos trevos instalados no ensaio (escala adaptada de Meier et al., 2018).

Data	Escala	Designação
0: Germinação		
11 out	0	Semente seca
14 out	1	Início da hidratação da semente
18 out	3	Fim da hidratação da semente
22 out	5	Emissão da radícula
26 out	7	Crescimento da radícula
28 out	8	Crescimento da radícula
30 out	9	Hipocótilo visível
1: Desenvolvimento		
01 nov	10	Par de folhas visíveis
12 nov	11	Primeira folha desdobrada
15 nov	12	2 folhas desdobradas
02 dez	13	3 folhas desdobradas
20 dez	1.	continuação
28 dez	19	9 ou mais folhas desdobradas
2: Lançamentos laterais		
02 jan	20	Sem lançamentos laterais
09 jan	21	Início do desenvolvimento do rebento lateral
13 jan	22	2 lançamentos laterais detetáveis
18 jan	23	3 lançamentos laterais detetáveis
24 jan	2.	continuação
31 jan	29	Desenvolvimento final da rebentação lateral
3: Alongamento		
01 fev	30	Alongamento do caule
06 fev	31	1 entrenó visível
08 fev	32	2 entrenós visíveis
12 fev	33	3 entrenós visíveis
20 fev	3.	continuação
26 fev	39	9 ou mais entrenós visíveis
5: Emergência das inflorescências		
02 mar	50	Botões florais visíveis
04 mar	51	Primeiros botões florais visíveis fora das folhas
10 mar	55	Primeiros botões florais individuais visíveis fora das folhas ainda fechados
15 mar	59	Primeiras pétalas visíveis, muitos botões florais individuais, ainda fechados

(cont.)

6: Floração		
18 mar	60	Abertura das primeiras flores
20 mar	61	Flores abertas
22 mar	63	continuação
24 mar	65	Floração plena
28 mar	67	Floração em declínio
01 abr	69	Fim da floração
7: Desenvolvimento da semente		
04 abr	70	Crescimento da semente
08 abr	71	continuação
10 abr	72	...
12 abr	73	...
14 abr	74	...
16 abr	75	...
20 abr	76	...
22 abr	77	...
24 abr	78	...
28 abr	79	Final do crescimento da semente
8: Maturação da semente		
02 mai	80	Início do amadurecimento da semente
04 mai	81	continuação
07 mai	82	...
09 mai	83	...
12 mai	84	...
14 mai	85	...
18 mai	86	...
22 mai	87	...
26 mai	88	...
28 mai	89	Sementes totalmente maturadas
9: Senescência		
31 mai	93	Folhas começam a escurecer
03 jun	95	50% dos caules castanhos
08 jun	97	Planta seca
12 jun	99	Colheita

6.2. Matéria seca e concentração de nutrientes nos tecidos dos cobertos

Comparando os resultados da avaliação da quantidade de matéria seca nos diferentes tipos de vegetação, a análise de variância indicou que houve diferenças significativas entre trevos, aveia e vegetação natural nas duas primeiras amostragens (Figura 15). Em 15 de abril o valor nos trevos foi de (4266,67 kg ha⁻¹), seguido da aveia (1518,75 kg ha⁻¹) e do tratamento vegetação natural (1397,50 kg ha⁻¹). Em 1 de maio de 2022 registou-se uma forte queda na quantidade de matéria seca nos trevos (2812,91 kg ha⁻¹), esta quebra estará relacionada com a entrada dos trevos na fase de maturação das

sementes e senescência da parte aérea. Até 20 de maio (data da última colheita) a concentração de matéria seca nos trevos foi de (2385,24 kg ha⁻¹). Os valores da aveia e da vegetação natural continuaram a aumentar até 1 de maio.

Não foi possível obter colheitas de aveia e vegetação natural na última data em 20 de maio. A aveia foi destruída por javalis e o talhão gerido com vegetação natural foi mobilizado, tal como é prática local neste sistema de gestão do solo para reduzir a competição da vegetação herbácea com as árvores.

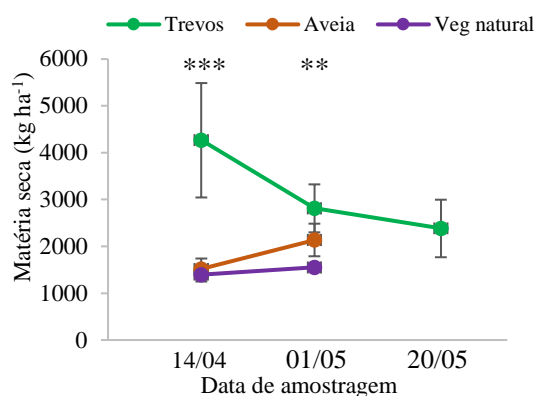


Figura 15. Matéria seca de trevos, aveia e vegetação natural ao longo do tempo. *** P < 0,001; ** P < 0,01. As barras verticais são o desvio padrão da média.

Os teores de azoto na biomassa seca de trevos, aveia e vegetação natural apresentaram diferenças significativas nas amostragens de 14 de abril e 1 de maio. Em abril os trevos apresentaram uma concentração de azoto nos tecidos de (26,53 g kg⁻¹), a vegetação natural de (16,48 g kg⁻¹) e a aveia de (10,98 g kg⁻¹). Tendencialmente ao longo do tempo a concentração de azoto nos tecidos decresceu em todos os tratamentos, mas os trevos efetivamente apresentaram concentrações de azoto nos tecidos mais elevados que os restantes tratamentos.

As concentrações de fósforo registadas em maio de 2022 nos tecidos da aveia (3,90 g kg⁻¹) e vegetação natural (3,16 g kg⁻¹) foram ligeiramente superiores à concentração obtida nos trevos (2,04 g kg⁻¹). No entanto, essas diferenças não foram significativas. Como mostra a figura 16, a concentração de fósforo nos trevos vai decrescendo à medida que o seu ciclo se aproxima do fim. Em contrapartida, a aveia reportou ainda um aumento da concentração de fósforo nos tecidos.

Relativamente ao potássio os resultados indicam uma concentração ligeiramente superior nos tecidos dos trevos (26,51 g kg⁻¹) em comparação com os outros cobertos.

Contudo, não se verificaram diferenças significativas para os restantes talhões. Em maio, e tal como se verificou para azoto e fósforo, a concentração de potássio diminui à medida que os trevos completaram o seu ciclo biológico. Na aveia e vegetação natural a concentração de potássio aumentou de abril para maio.

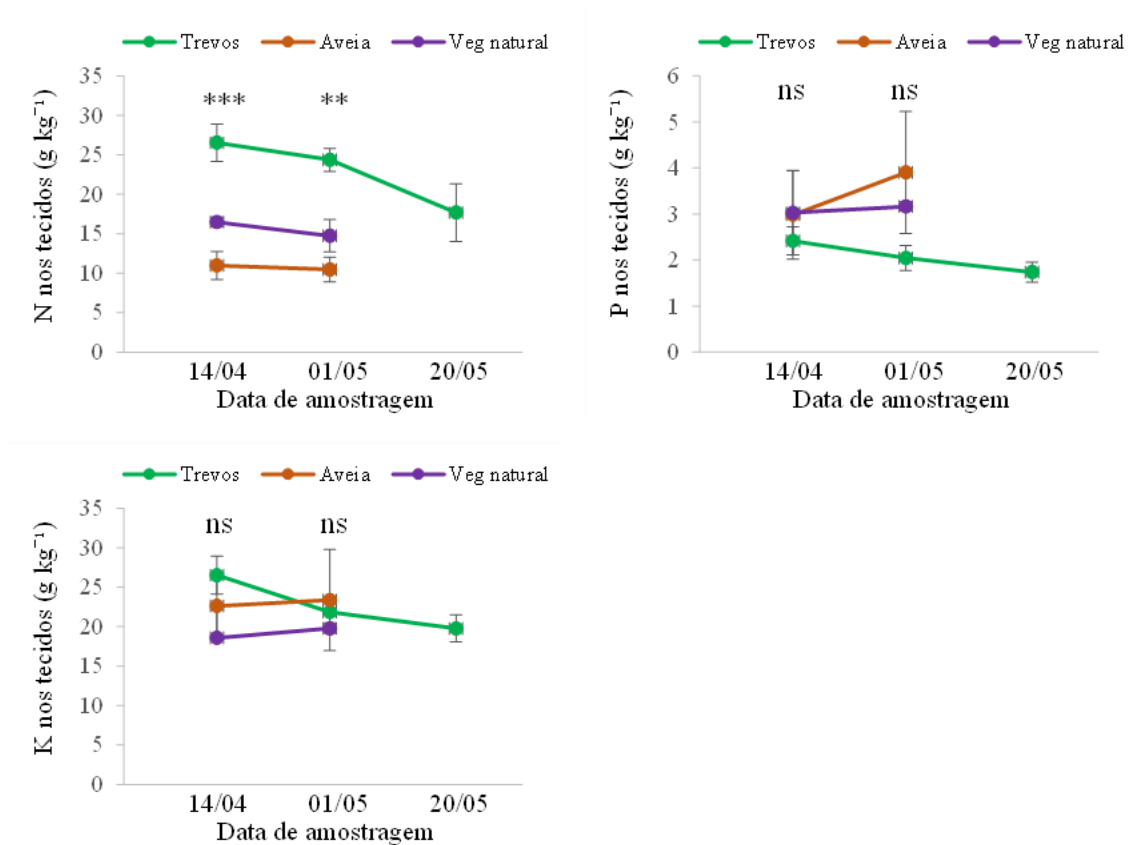


Figura 16. Concentração de azoto, fósforo e potássio nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Os resultados da análise da concentração de cálcio e magnésio nos tecidos dos trevos mostraram grandes diferenças para aveia e vegetação natural, principalmente no mês de abril (Figura 17). Por outro lado, os valores de sódio não diferiram entre os vegetais analisados. À medida que os trevos foram finalizando o seu ciclo vegetativo, a concentração de cálcio nos tecidos aumentou, enquanto na aveia e vegetação natural esta diminuiu ligeiramente. Evidenciou-se também um decréscimo nos valores da concentração de magnésio nos trevos e aveia durante o mês de maio, enquanto a sua concentração na vegetação natural nas duas datas de amostragem pouco diferiu.

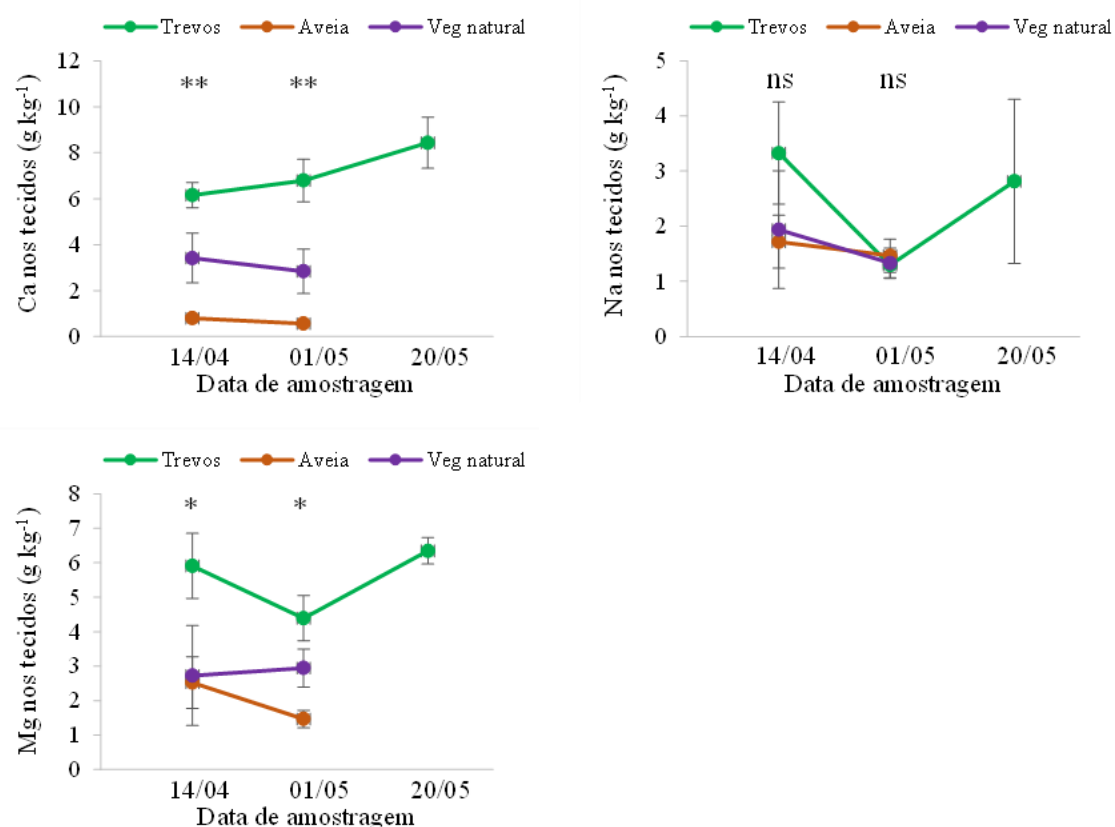


Figura 17. Concentração de cálcio, sódio e magnésio nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

A análise de variância para a concentração de boro, ferro, zinco e cobre presente nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril mostrou diferenças significativas, tendo os trevos apresentado os valores mais elevados de boro ($27,63 \text{ mg kg}^{-1}$), ferro ($3208,91 \text{ mg kg}^{-1}$), zinco ($85,80 \text{ mg kg}^{-1}$) e cobre ($8,01 \text{ mg kg}^{-1}$) (Figura 18). Contudo, em 1 de maio as concentrações só mostraram diferenças significativas para ferro ($1544,56 \text{ mg kg}^{-1}$) e manganês ($81,06 \text{ mg kg}^{-1}$). Com exceção do zinco, observou-se uma tendência crescente na concentração de micronutrientes nos tecidos dos trevos ao longo da estação de crescimento.

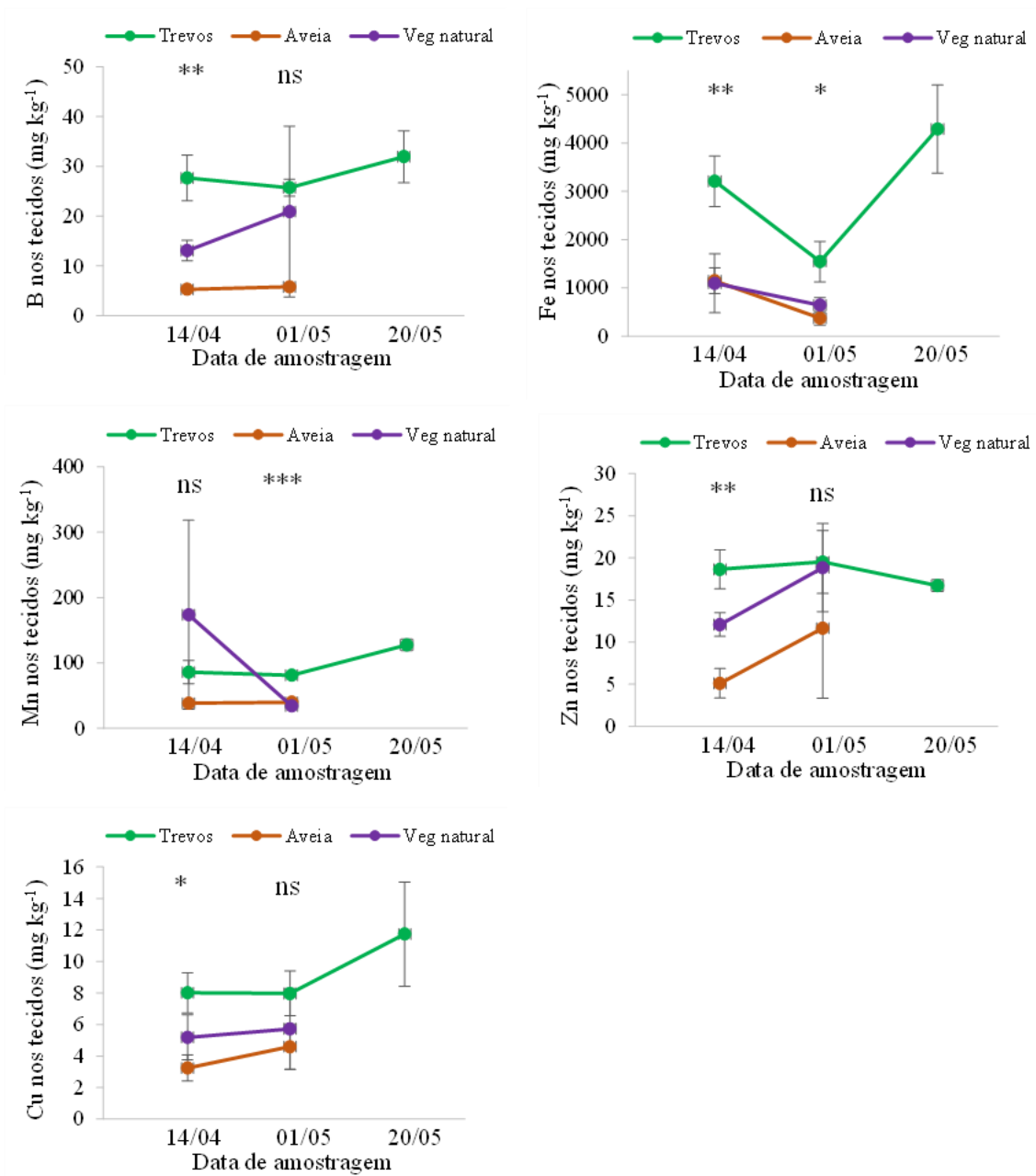


Figura 18. Concentração de boro, ferro, manganês, zinco e cobre nos tecidos dos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

6.3. Nutrientes recuperados nos cobertos

Comparados os diferentes cobertos em todo o período do ensaio, a análise de variância indicou diferenças significativas para a quantidade de azoto, fósforo e potássio recuperados pelos trevos em abril de 2022 (Figura 19), onde o valor de azoto recuperado foi de (56,82 kg ha⁻¹), o de fósforo (5,16 kg ha⁻¹) e o de potássio (56,71 kg ha⁻¹). Os

valores de azoto e potássio recuperados pelos trevos em maio revelaram diferenças significativas para os restantes cobertos, tendo o azoto apresentado um valor de (21,81 kg ha⁻¹) e o potássio (23,91 kg ha⁻¹). Já a quantidade de fósforo recuperado não revelou diferenças significativas entre os cobertos estudados.

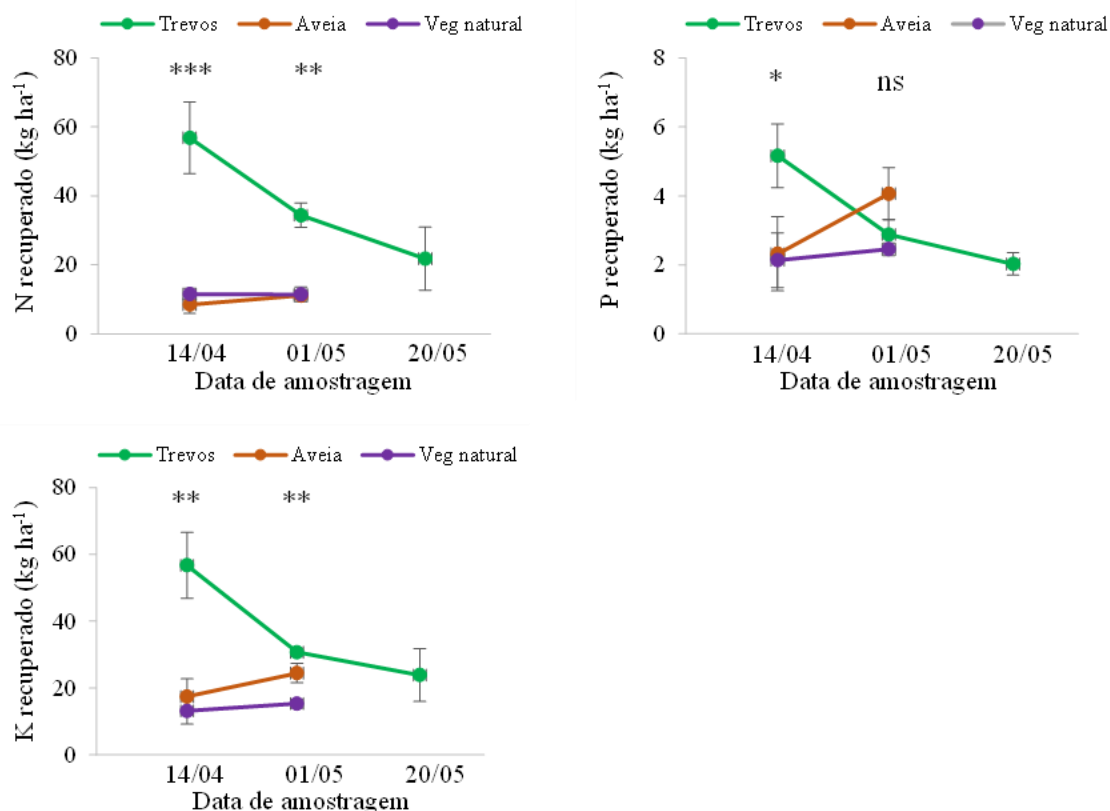


Figura 19. Azoto, fósforo e potássio recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** P < 0,001; ** P < 0,01; * P < 0,05). As barras verticais são o erro padrão da média.

Nas quantidades de cálcio, magnésio e sódio recuperadas até 14 de abril (Figura 20) existiram diferenças significativas entre tratamentos. As quantidades de cálcio, magnésio e sódio recuperados pelos trevos em 14 de abril foram de (13,15 kg ha⁻¹), (12,44 kg ha⁻¹) e (7,26 kg ha⁻¹), respetivamente. Em maio as quantidades de cálcio e magnésio recuperados pelos trevos revelaram diferenças significativas para os restantes tratamentos. No entanto, não se verificaram diferenças significativas na quantidade de sódio recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural.

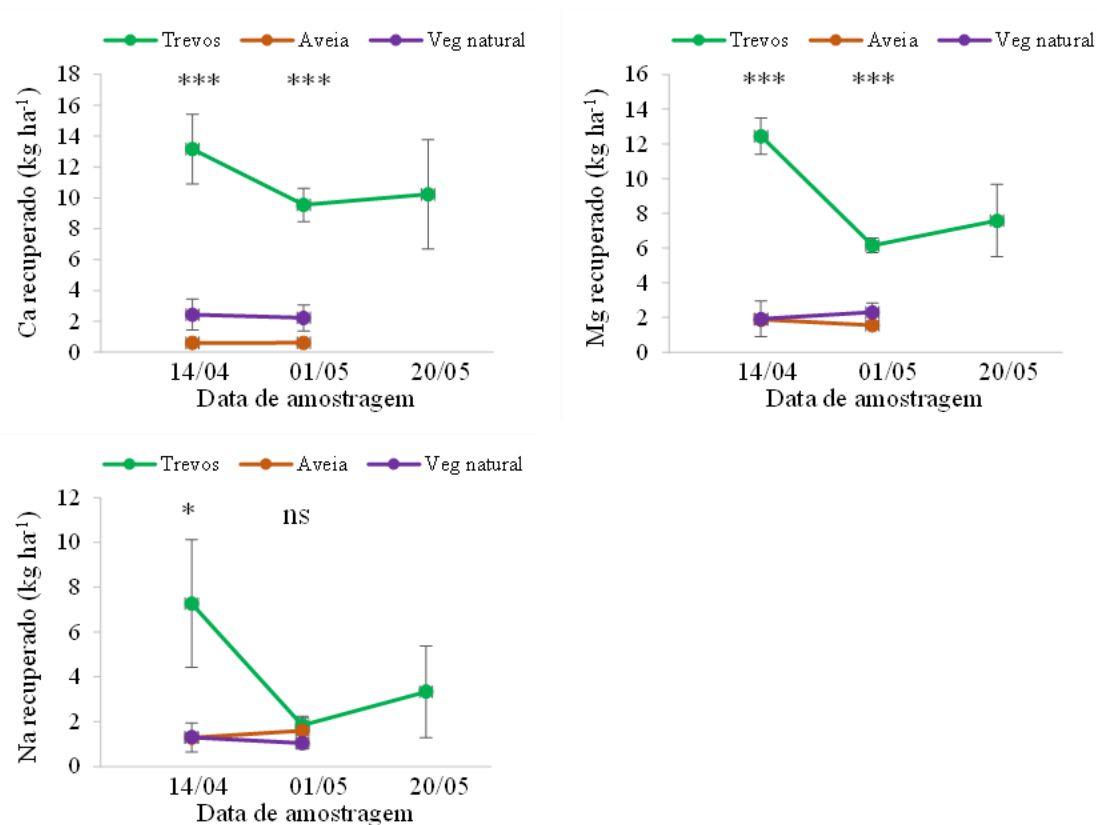


Figura 20. Cálcio, magnésio e sódio recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

As quantidades de micronutrientes boro, ferro, zinco e cobre recuperadas pelos trevos apresentaram diferenças significativas entre cobertos, principalmente na data de 14 de abril, com concentrações de (58,15 g ha⁻¹), (6784,01 g ha⁻¹), (39,52 g ha⁻¹) e (16,87 g ha⁻¹), respectivamente (Figura 21). Já a quantidade de manganês recuperado não apresenta diferenças significativas entre tratamentos na data de 14 de abril. Contudo, em 1 de maio ocorreram diferenças significativas entre tratamentos para todos os micronutrientes. Os valores das quantidades recuperadas ao longo do tempo decresceram para boro e zinco e mostraram uma tendência pouco regular para os outros macronutrientes

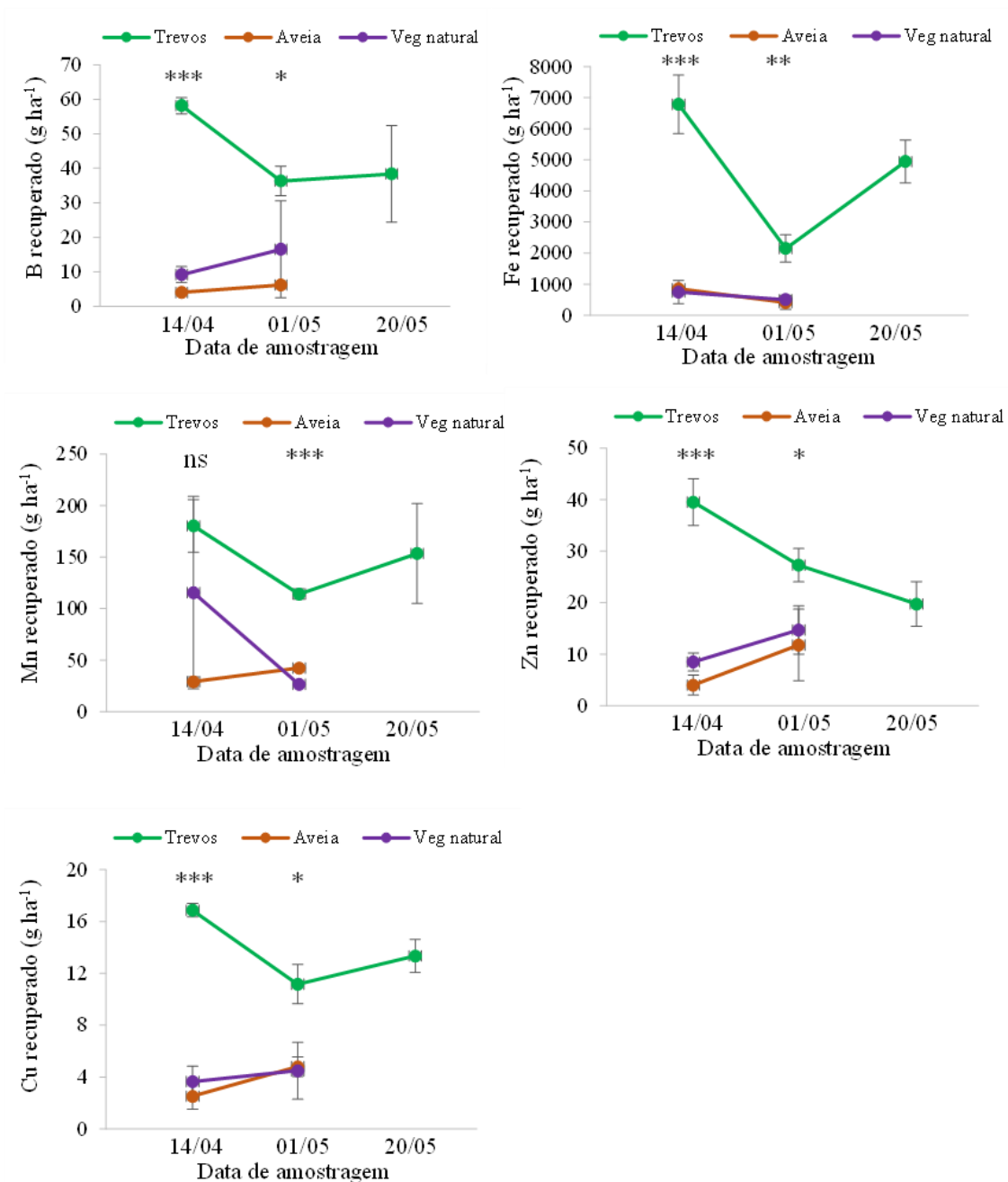


Figura 21. Boro, ferro, manganês, zinco e cobre recuperado pelos trevos, aveia e vegetação natural em abril e maio de 2022. Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

6.4. Estado nutricional das árvores

Comparando as diferentes formas de gestão do solo, a análise de variância revelou diferenças significativas para a concentração de azoto nas folhas de oliveira (23,21 g kg⁻¹) na amostragem de inverno, sendo os valores mais elevados no talhão com trevos (Figura

22). Os valores de fósforo nas folhas de oliveira foram mais elevados na vegetação natural (1,84 g kg⁻¹) que no coberto de trevos (1,68 g kg⁻¹) na amostragem de verão. A concentração de potássio nas folhas de oliveira não variou de forma significativa entre tratamentos em nenhuma data de amostragem. Azoto e fósforo mostraram ligeiros decréscimos da amostragem de inverno para a amostragem de verão, enquanto os valores de potássio registaram um acréscimo entre inverno e verão.

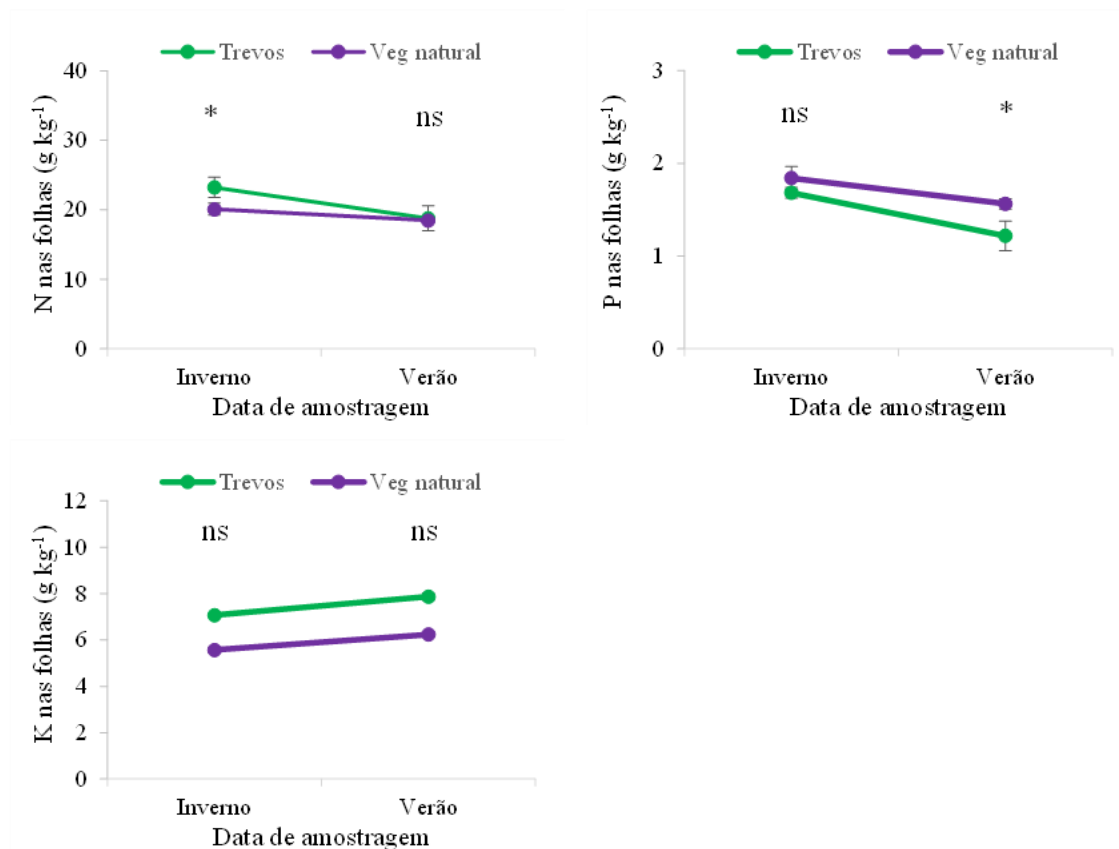


Figura 22. Concentração de azoto (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas de oliveira nos diferentes blocos e em diferentes estações do ano (inverno de 2021 e verão de 2022). Para cada estação do ano apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

As concentrações de cálcio e sódio não mostraram diferenças significativas entre tratamentos em nenhuma data de amostragem (Figura 23). Os teores de cálcio mostraram um ligeiro acréscimo do inverno para o verão, enquanto os valores de sódio tiveram um decréscimo marcado. Os teores de magnésio nas folhas não diferiram significativamente entre tratamentos na época de amostragem de inverno e foram significativamente mais

elevados no tratamento com trevos que no tratamento mobilizado na amostragem de verão.

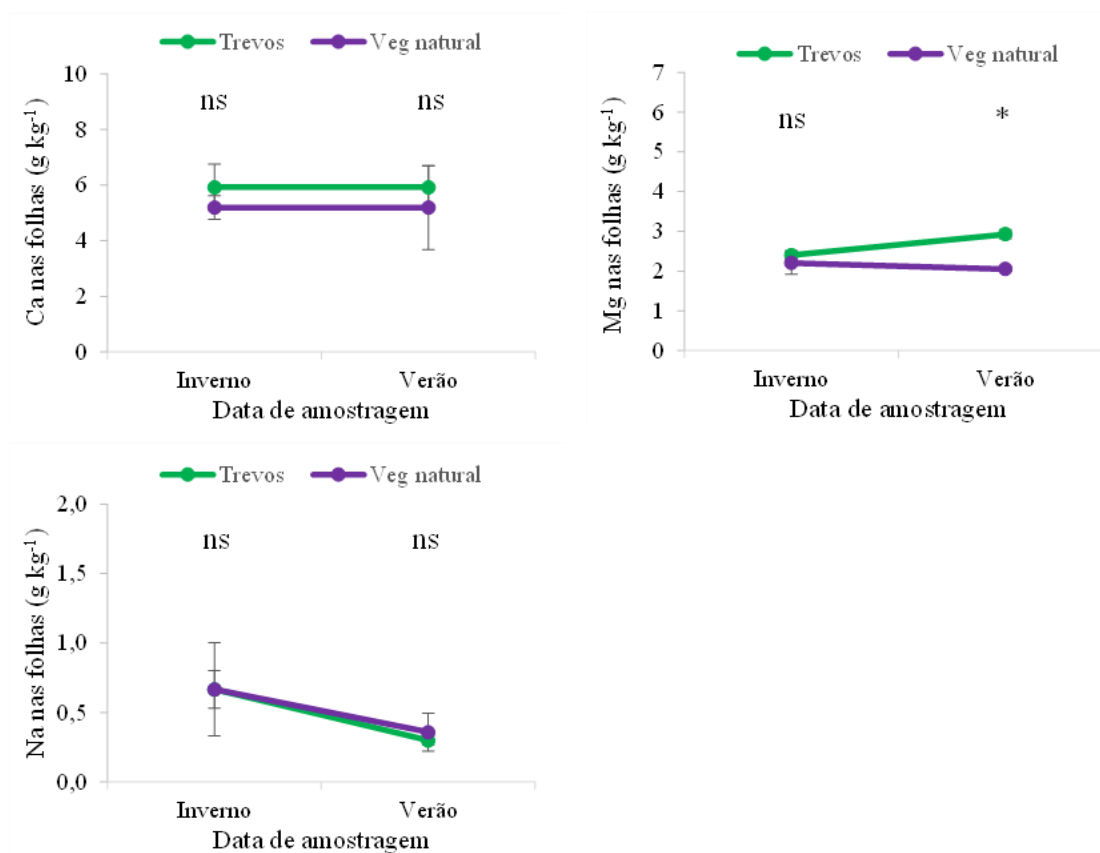


Figura 23. Concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) nas folhas de oliveira em diferentes talhões (trevos e vegetação natural) no inverno de 2021 e verão de 2022. Para cada estação do ano apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

A análise de variância para os micronutrientes nas folhas na amostragem do inverno de 2021 e do verão de 2022 somente mostrou um efeito significativo na concentração de manganês, sendo os valores do talhão dos trevos mais elevados que os do talhão da vegetação natural (Figura 24). O talhão dos trevos apresentou os valores mais elevados no inverno de 2021 (2,79 mg kg⁻¹) e no verão de 2022 (5,08 mg kg⁻¹).

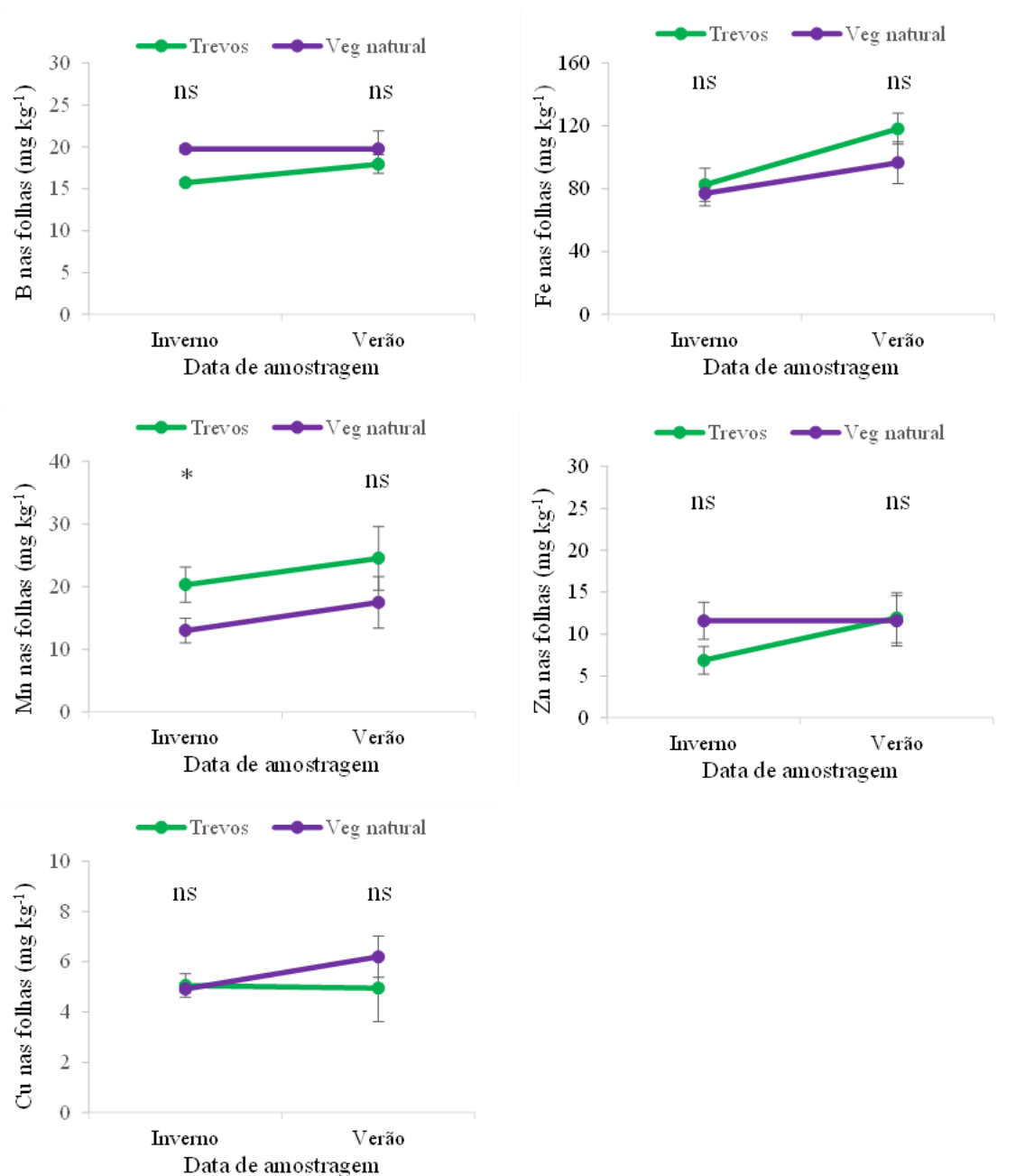


Figura 24. Concentração de boro, ferro, manganês, zinco e cobre nas folhas das oliveiras em diferentes talhões (trevos e vegetação natural) no inverno de 2021 e verão de 2022. Para cada estação do ano apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; * $P < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

6.5. Propriedades do solo

No quadro 3 podem observam-se teores médios de carbono total, carbono facilmente oxidável, pH (H₂O), pH (KCL), fósforo extraível e potássio extraível. Apenas se identificam diferenças significativas para as concentrações de carbono facilmente

oxidável em que o tratamento com vegetação natural apresentou valores inferiores quando comparados com os do talhão de trevos.

Quadro 3. Propriedades do solo analisadas após a introdução do coberto e solo mobilizado. Na coluna, média com a mesma letra não são diferentes pelo teste de t de Student para $\alpha = 0,05$.

Propriedades do solo	Trevos	Vegetação natural
Carbono total (g kg ⁻¹)	22,7±2,24 a	23,7±1,56 a
Carbono facilmente oxidável (g kg ⁻¹)	8,5±0,65 a	7,0±0,08 b
pH (H ₂ O) (1:2,5)	6,8±0,13 a	6,9±0,10 a
pH (KCl) (1:2,5)	6,0±0,07 a	5,8±0,12 a
Fósforo extraível (mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	221,6±67,69 a	190,8±34,76 a
Potássio extraível (mg K ₂ O kg ⁻¹)	209,0±17,78 a	181,3±29,74 a

No quadro 4 observam-se os resultados do complexo de troca nos tratamentos com trevos e vegetação natural. As concentrações de K⁺, Na⁺, Ca²⁺, e Mg²⁺ não representam diferenças significativas entre os tratamentos testados. Contudo, o tratamento vegetação natural apresentou capacidade de troca catiónica (20,44 cmol_c kg⁻¹) mais elevada.

Quadro 4. Resultado da análise ao complexo de troca do solo coberto com trevos e vegetação natural. Na coluna, média com a mesma letra não são diferentes pelo teste de t de Student para $\alpha = 0,05$.

Propriedades do solo	Trevos	Vegetação natural
Potássio de troca (K ⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	0,54±0,10 a	0,30±0,11 a
Sódio de troca (Na ⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	0,56±0,065 a	0,55±0,03 a
Cálcio de troca (Ca ²⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	6,14±0,11 a	6,14±0,26 a
Magnésio de troca (Mg ²⁺) (cmol _c kg ⁻¹)	8,81±0,86 a	13,32±1,13 a
Acidez de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,00±0 a	0,13±0,05 a
Capacidade de troca catiónica (cmol _c kg ⁻¹)	16,05±0,81 a	20,44±0,81 a

No quadro 5 observam-se as concentrações médias de micronutrientes boro, ferro, zinco, cobre e manganês no solo dos tratamentos trevos e vegetação natural. O talhão

correspondente aos trevos apresentou diferenças significativas para as concentrações de ferro ($158,55 \text{ mg kg}^{-1}$) e manganês ($149,99 \text{ mg kg}^{-1}$) quando comparado ao talão de vegetação natural. Contudo, a análise de variância indica que não houve diferenças significativas para as concentrações de boro, cobre e zinco nos talhões correspondentes aos trevos e vegetação natural.

Quadro 5. Concentração de micronutrientes no solo com coberto vegetal à base de trevos e vegetação natural. Na coluna, médias com a mesma letra não são diferentes pelo teste de t de Student para $\alpha = 0,05$.

Propriedades do solo	Trevos	Vegetação Natural
Boro (mg kg^{-1})	$0,84 \pm 0,40$ a	$0,71 \pm 0,20$ a
Ferro (mg kg^{-1})	$158,55 \pm 30,46$ a	$94,75 \pm 43,22$ b
Zinco (mg kg^{-1})	$1,45 \pm 0,54$ a	$1,33 \pm 1,41$ a
Cobre (mg kg^{-1})	$2,64 \pm 0,57$ a	$2,04 \pm 0,23$ a
Manganês (mg kg^{-1})	$149,99 \pm 23,69$ a	$102,77 \pm 12,71$ b

7. Discussão dos resultados

7.1. Germinação, grau de cobertura e estados fenológicos

7.1.1. Germinação

A percentagem de sementes germinadas desde a sementeira, em 1 de outubro de 2021 até 24 de outubro do mesmo ano, atingiu 38,0% na cultivar Campeda. Dalkeith apresentou uma emergência muito baixa até 6 de outubro de 2021 (2,3%). No dia 8 do mesmo mês, a cultivar Dalkeith registou 31,7% de sementes germinadas. No dia 23 de outubro de 2021 a percentagem de sementes germinadas atingiu 86,3% na cultivar Dalkeith. Campeda apresentou uma emergência ligeiramente inferior (79,0%). A menor percentagem de germinação inicial da cultivar Dalkeith poderá dever-se a maior dureza das suas sementes, sendo este um dos fatores intrínsecos das sementes que condiciona a sua germinação (Loi et al., 2006). Contudo, o resultado não tem significado prático, uma vez que ambas as sementes atingiram percentagens de germinação equivalentes e num período de tempo relativamente curto.

7.1.2. Grau de cobertura

Os resultados mostraram que as leguminosas foram aumentando a sua presença nos cobertos relativamente à vegetação espontânea ao longo da Primavera, passando os cobertos a ser dominados pelas espécies semeadas.

A percentagem de cobertura do solo por leguminosas pratenses ao longo das datas de amostragem evoluiu de forma inversa à percentagem de solo nu e de vegetação natural espontânea. Isto mostra que ocorreu um domínio das leguminosas na competição pelo espaço ao longo do tempo, desde 11 de outubro de 2021 (data da sementeira) até 16 de fevereiro de 2022 (data do último registo). Entre datas de amostragem, os valores aumentaram de 5 a 55% de grau de cobertura. Por outro lado, houve uma diminuição de solo descoberto ao longo do tempo durante o período outono/ inverno, tendo esta diminuição sido devida sobretudo ao aumento da presença de leguminosas. Estes resultados aproximam-se aos que foram publicados por Rodrigues et al. (2013b), indicando que as leguminosas anuais de ressementeira natural fornecem uma boa proteção ao solo. Os melhores cobertos para pomares de sequeiro da bacia mediterrânica

são aqueles capazes de atingir a maturação das sementes antes do início do verão (Grant et al., 2006; Rodrigues et al., 2010).

Numa perspetiva de controlo de erosão hídrica laminar, e segundo o monograma esquematizado em Wishmeier e Smith (1978), com esta variação da percentagem de cobertura a perda de solo é reduzida de valores acima de 70% para cerca de 10%, o que é particularmente benéfico para os solos erodíveis em olivais com declives acentuados como é o caso da generalidade dos olivais em Trás-os-Montes.

As leguminosas apresentaram uma capacidade competitiva elevada com a vegetação natural espontânea. Os trevos semeados representaram mais de 50% da cobertura no talhão onde foram instalados. A vegetação espontânea foi menos competitiva, visto que até 16 de fevereiro de 2022 apresentava uma cobertura de solo inferior a 20%. O resultado pode ser atribuído à presença de um bom número de sementes de leguminosas disponíveis para germinar de imediato, o que lhes confere elevada capacidade de competição com a vegetação natural pela luz, água e nutrientes.

Estudos realizados por Rodrigues et al. (2005) mostraram que os solos dos olivais tradicionais tendem a apresentar elevada fertilidade debaixo da copa, devido à aplicação localizada dos fertilizantes, à reciclagem dos nutrientes das folhas e ao efeito de “feedback” positivo do desenvolvimento da vegetação herbácea e deposição dos seus tecidos. Fora da copa, o solo é menos fértil, com teores baixos de matéria orgânica e nutrientes e, frequentemente, reduzida espessura efetiva. Nestas condições, as leguminosas, por terem acesso a azoto atmosférico, estão em condições de competir com sucesso com a vegetação natural.

7.1.3. Estados fenológicos

As cultivares implementadas, Campeda e Dalkeith, em 20 de maio de 2022 já se encontravam no fim do seu ciclo biológico, podendo a partir desta fase, e se necessário, passar-se o destróador para eliminar vegetação ainda verde e reduzir a competição pela água.

Partindo do princípio de que os melhores cobertos para pomares de sequeiro da bacia mediterrânica são aqueles capazes de atingir a maturação das sementes antes do início do verão (Grant et al., 2006; Rodrigues et al., 2010), Campeda e Dalkeith parecem ser adequados pois apresentam ciclos muito curtos. Estudos realizados por Campiglia et al. (2011) demonstraram que os cobertos que permaneçam em campo durante o verão

requerem cuidados específicos, sobretudo quando há irrigação, para evitar a lixiviação de nitratos ou perda excessiva da água por evapotranspiração.

A evolução da fenologia dos trevos implementados no ensaio reforça a ideia de que a precocidade deverá ser um critério determinante na escolha das espécies/cultivares para introduzir nos cobertos vegetais em olivais de sequeiro, na perspectiva de reduzir a competitividade pelos recursos, nomeadamente água e nutrientes. Os cobertos vegetais semeados não deverão permanecer no solo até muito tarde na Primavera sem serem cortados, também para se destruir a vegetação natural que eventualmente esteja presente, devendo as espécies semeadas ter sementes viáveis o mais cedo possível.

7.2. Matéria seca e concentração de nutrientes nos tecidos dos cobertos

Os dois cobertos (leguminosas e vegetação natural) e também a aveia, que foi usada em pequeno talhão como testemunha, tiveram um efeito pronunciado na produção de biomassa seca. O talhão correspondente às leguminosas foi o que apresentou maior produção de matéria seca em abril e maio de 2022, seguido de aveia e vegetação natural (4266,7, 2812,9 e 2385,0 kg ha⁻¹, respetivamente). Estes valores podem ser considerados elevados quando comparados com a produção de leguminosas anuais de ressementeira natural registados em outros estudos na região mediterrânica, como os que foram obtidos por Driouech et al. (2008). Os valores obtidos foram também muito semelhantes aos registados com a cultivar Clare, também de trevo subterrâneo, em um coberto vegetal instalado num olival em Itália (Corleto e Cazzato, 2008).

A produção de matéria seca nas leguminosas de cobertura foi incomparavelmente mais elevada do que na aveia e vegetação natural. A quantidade de biomassa seca produzida pelas leguminosas anuais de ressementeira é um fator crucial no sequestro de carbono (Peregrina et al., 2014). Ainda assim, nas espécies/cultivares a selecionar para cobertos vegetais em olivais de sequeiro, a precocidade deverá ser mais valorizada que a produção de biomassa. A relação linear positiva entre a produção de biomassa e o azoto exportado dá também informação sobre as espécies com maior capacidade individual em disponibilizar azoto. Porém, em pomares de sequeiro, elevada produção de biomassa pode não interessar ao produtor, devido à maior quantidade de água que é transpirada pelos cobertos.

O mais importante é que o coberto assegure proteção do solo, não compita excessivamente pela água e, se possível, introduza azoto. Nas espécies/cultivares a

selecionar para cobertos vegetais para olivais de sequeiro, a precocidade deverá ser mais valorizada que a produtividade.

Relativamente à concentração de nutrientes nos tecidos dos cobertos, o teor de azoto na biomassa seca de trevos, aveia e vegetação natural apresentaram diferenças significativas nas amostragens de 14 de abril e 1 de maio. Os valores de azoto mais elevados foram encontrados em abril de 2022, com destaque para os trevos ($26,53 \text{ g kg}^{-1}$), sendo seguidos da vegetação natural ($16,48 \text{ g kg}^{-1}$) e por fim da aveia ($10,98 \text{ g kg}^{-1}$). Quando os cobertos são dominados por leguminosas, obtêm-se resultados muito positivos de azoto nos tecidos, devido à capacidade que as leguminosas têm em fixar azoto atmosférico. Quando os cobertos vegetais são dominados por gramíneas, como não têm acesso a azoto atmosférico, tendem a competir com as árvores pelos nutrientes, como reportaram Giese et al. (2014). As maiores taxas de crescimento anual e, portanto, absorção de nutrientes de cobertos semeados em olivais de áreas mediterrânicas são geralmente encontradas em meados de fevereiro a final de abril (Ordoñez-Fernández et al., 2018), quando os níveis ótimos de água no solo e as temperaturas diárias coincidem.

Tendo em conta que as necessidades em azoto das oliveiras tendem a ser baixas (Fernández-Escobar et al., 2009), embora possam ser mais significativas em olivais instalados em solos de reduzida espessura efetiva (Rodrigues et al., 2011b), em sequeiro a precocidade deverá ser um critério a privilegiar, uma vez estabelece um melhor equilíbrio entre a capacidade de fixar azoto e a competição pela água.

Os teores de fósforo e potássio nos tecidos não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos em qualquer das datas de amostragem. Contudo, as concentrações de fósforo na aveia e vegetação natural foram ligeiramente superiores às que foram encontradas nas leguminosas. A principal razão estará relacionada com efeito da diluição na concentração de fósforo nos tecidos das leguminosas devido ao aumento de biomassa que se faz notar em plantas que fixam azoto atmosférico. Diluição e efeitos de concentração de nutrientes nas plantas são fenómenos comuns (Jarrell e Beverly, 1981; Romheld, 2012), o que pode explicar a baixa concentração de fósforo nas plantas que produzem maior quantidade de biomassa.

Os teores de cálcio nos cobertos vegetais em abril de 2022 registaram diferenças significativas. Os valores mais elevados foram observados nos trevos ($6,15 \text{ g kg}^{-1}$) seguidos da vegetação natural ($3,42 \text{ g kg}^{-1}$) e, por fim, da aveia ($0,80 \text{ g kg}^{-1}$). Em maio de 2022 registou-se um ligeiro aumento na concentração de cálcio nos tecidos dos trevos,

passando de (6,15 g kg⁻¹) em abril para (6,79 g kg⁻¹) em maio. Contudo, a concentração de cálcio na vegetação natural e aveia decresceu de abril para maio.

Relativamente ao sódio, os cobertos analisados não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos nas datas de amostragem. Porém, o valor mais elevado de sódio nos tecidos foi registado nos trevos em abril de 2021, com (3,32 g kg⁻¹), seguido da vegetação natural (1,93 g kg⁻¹) e por fim a aveia (1,71 g kg⁻¹).

No magnésio registaram-se diferenças significativas entre cobertos em abril e maio de 2021. Os valores mais elevados de magnésio nos tecidos foram encontrados nos trevos (5,90 g kg⁻¹) seguido da vegetação natural (2,73 g kg⁻¹) e por último da aveia (2,52 g kg⁻¹). Em maio de 2021 a tendência repetiu-se, o coberto com leguminosas registou valores mais elevados de magnésio nos tecidos (4,39 g kg⁻¹) seguidos da vegetação natural (2,94 g kg⁻¹) e por fim da aveia (1,46 g kg⁻¹). No mês de maio a concentração de magnésio na biomassa seca dos trevos teve uma tendência fortemente crescente.

Nos micronutrientes foram registadas diferenças significativas entre cobertos em abril de 2021, nomeadamente nos teores de boro, ferro, zinco e cobre. Os valores mais elevados de boro foram registados nos trevos (27,65 mg kg⁻¹) seguidos da vegetação natural (13,07 mg kg⁻¹) e por fim a aveia 5,29 mg kg⁻¹). Em maio do mesmo ano não foram registadas diferenças significativas nos cobertos. Contudo, no mesmo período, a concentração de boro nos tecidos dos trevos diminuiu ligeiramente (25,71 mg kg⁻¹). Já na aveia e vegetação natural a concentração de boro aumentou (5,78 e 20,92 mg kg⁻¹, respetivamente).

O valor médio mais elevado da concentração de ferro nos tecidos dos trevos registou-se em abril de 2022 (3208,91 mg kg⁻¹), seguido da aveia (1147,17 mg kg⁻¹) e por último a vegetação natural (1095,91 mg kg⁻¹). Contudo, em maio de 2022 a concentração de ferro nos tecidos da aveia e vegetação natural decresceu, enquanto os trevos registam um aumento significativo (4291,20 mg kg⁻¹).

No manganês não se verificaram diferenças significativas em abril de 2022 entre cobertos. Contudo, em maio do mesmo ano o valor mais elevado de manganês foi registado nos trevos (81,06 mg kg⁻¹), seguido da aveia (39,76 mg kg⁻¹) e por fim a vegetação natural (34,13 mg kg⁻¹). Registou-se também um aumento significativo de manganês nos tecidos dos trevos em 20 de maio de 2022.

Em abril de 2022, os valores da concentração de zinco (18,65 mg kg⁻¹) e cobre (8,01 mg kg⁻¹) nos trevos foram superiores aos da aveia (5,11 mg kg⁻¹), (12,0 mg kg⁻¹) e vegetação natural (3,24 mg kg⁻¹) e (5,18 mg kg⁻¹) respetivamente. Em maio de 2022, os

valores da concentração de zinco e cobre nos tecidos dos cobertos não apresentam diferenças significativas.

Estudos realizados por Sofi et al. (2018) demonstram que as leguminosas, para além de fixarem azoto em grandes quantidades, também apresentam nos seus tecidos concentrações significativas de magnésio, ferro e manganês. Já as concentrações de boro, cobre, fósforo, e zinco tendem a ser baixas.

7.3. Nutrientes recuperados nos cobertos

Neste ensaio as análises químicas elementares efetuadas na matéria seca dos cobertos de trevos, aveia e vegetação natural, para avaliar a quantidade de cada nutriente contido nas plantas por unidade de área, permitiram detetar diferenças significativas em alguns dos nutrientes. Em abril de 2022, a quantidade de azoto, fósforo e potássio recuperado pelos trevos foi superior aos restantes tratamentos (56,82, 5,16 e 56,71 kg ha⁻¹, respetivamente), a vegetação natural com (11,54 kg ha⁻¹), (2,14 kg ha⁻¹) e (13,15 kg ha⁻¹) respetivamente e por último o tratamento com aveia (8,44 kg ha⁻¹), (2,32 kg ha⁻¹), e (17,38 kg ha⁻¹) respetivamente. Silvestri et al. (2018) registaram 70 kg ha⁻¹ de azoto recuperado por um coberto de leguminosas de trevo subterrâneo no final da estação de crescimento. Os valores encontrados neste ensaio para a recuperação de azoto, fósforo e potássio foram relativamente elevados quando comparados com os valores encontrados em ensaios que envolveram outras espécies de leguminosas como o tremoceiro (Carranca et al., 1999, 2009; Unkovich e Patê, 2000; Ledgard et al., 2001; Baldock e Ballard 2004). A quantidade de biomassa seca produzida pelos cobertos semeados é um fator crucial na dinâmica de nutrientes recuperados (Ovalle et al., 2007 ; Repullo-Ruibérriz de Torres et al., 2021b).

Leguminosas anuais, como o tremoceiro (*Lupinus albus* L.) e a ervilhaca (*Vicia villosa* Roth.), são capazes de recuperar mais de 150 kg ha⁻¹ de azoto na biomassa aérea no final da floração, mesmo quando cultivadas em solos pobres de olivais em regime de sequeiro (Rodrigues et al., 2013). O azoto previamente fixado pelas leguminosas pode ser posteriormente usado pelas oliveiras. Rodrigues et al. (2015a) encontraram um aumento crescente na concentração de azoto e potássio foliar quando utilizaram diversas espécies/cultivares de trevos em olivais.

Em abril de 2022, o azoto recuperado pela aveia e vegetação natural foi muito baixo (8,44 e 11,51 kg ha⁻¹, respetivamente). O azoto recuperado pela aveia aumentou apenas

de 8,44 kg ha⁻¹ para 11,05 kg ha⁻¹ entre abril e maio de 2022, período a que corresponde a floração e a biomassa mais elevada da vegetação. Na generalidade do pomar a vegetação natural é dominada por pequenos terófitos e algumas ervas perenes de ciclo muito curto adaptadas a solos de baixa fertilidade. Algumas das espécies de infestantes mais abundantes nestes agro-sistemas são *Mibora* mínima, *Logfia gallica*, *Poa annua* e *Rumex acetosella* (Rodrigues et al. 2009). Por norma essas espécies não concentram grandes quantidades de azoto nos seus tecidos. Numa meta-análise de 106 estudos em 372 países diferentes, zonas climáticas e gestão de cobertos, Abdalla et al. (2019) demonstraram que os cobertos vegetais semeados diminuíram significativamente a lixiviação de azoto, embora sejam necessários estudos específicos do local em olivais.

Em abril de 2022 o teor de fósforo foi mais elevado no coberto de leguminosas do que na aveia e vegetação natural, o que significa que as leguminosas absorvem mais fósforo antes da entrada em dormência estival do que a vegetação natural. Contudo, os valores da concentração do nutriente recuperado em ambos os cobertos em maio de 2022 não apresentaram diferenças significativa. Além disso, o fósforo recuperado pela aveia aumentou de 2,32 kg ha⁻¹ para 4,06 kg ha⁻¹.

Algumas espécies de leguminosas, além da sua capacidade de fixar azoto atmosférico, também parecem ser eficientes no uso do fósforo em solos onde o nutriente está pouco disponível.

Relativamente ao cálcio recuperado, o valor mais alto registou-se em abril e maio de 2022 no coberto dos trevos (13,15 e 9,51 kg ha⁻¹, respetivamente), seguido da aveia (1,27 kg ha⁻¹), (1,59 kg ha⁻¹) e por fim a vegetação natural (1,30 kg ha⁻¹), (1,04 kg ha⁻¹) respetivamente.

O magnésio recuperado pelos cobertos em abril de 2022 registou diferenças significativas para a restante vegetação. Contudo, em maio os trevos apresentaram o maior valor de magnésio recuperado (6,14 kg ha⁻¹) seguido da vegetação natural (2,29 kg ha⁻¹) e por último da aveia (1,55 kg ha⁻¹).

O sódio recuperado pelos trevos em abril foi também significativamente mais elevado nos trevos (7,26 kg ha⁻¹) seguido da vegetação natural (1,29 kg ha⁻¹) e por último da aveia (1,27 kg ha⁻¹). Contudo, em maio de 2022 a quantidade de nutriente recuperado não diferiu significativamente entre os cobertos estudados.

Relativamente aos micronutrientes, em abril de 2022 os trevos mostraram os valores mais elevados de boro, ferro, zinco e cobre recuperados (58,15, 6785,41, 39,52 e

16,87 g ha⁻¹, respetivamente), seguido da aveia (9,20 g ha⁻¹), (856,11 g ha⁻¹), (3,98 g ha⁻¹), (2,50 g ha⁻¹) e por último a vegetação natural (4,00 g ha⁻¹), (747,83 g ha⁻¹), (8,49 g ha⁻¹) e (3,62 g ha⁻¹) respetivamente. A quantidade de manganês recuperado pelos cobertos em abril de 2022 não apresentou diferenças significativas entre cobertos. Em maio de 2022 os trevos continuavam a registar valores mais elevados dos micronutrientes boro (36,30 g ha⁻¹), ferro (2150,43 g ha⁻¹), manganês (114,11 g ha⁻¹), zinco (27,27 g ha⁻¹) e cobre (11,16 g ha⁻¹), a aveia registava (4,00 g ha⁻¹), (408,25 g ha⁻¹), (42,15 g ha⁻¹), (11,73 g ha⁻¹), (4,78 g ha⁻¹), e por fim a vegetação natural com (16,55 g ha⁻¹), (501,62 g ha⁻¹), (26,43 g ha⁻¹), (14,72 g ha⁻¹), (4,49 g ha⁻¹).

7.4. Estado nutricional das árvores

Os valores de azoto nas folhas mostraram-se dentro do intervalo de suficiência estabelecido por LQARS (2006) em todos os cobertos. As concentrações de azoto foliar encontradas nos tratamentos em estudo foram também similares às reportadas por Rodrigues, et al. (2011, 2013) e também por Erel et al. (2008) num estudo sobre diferentes doses de azoto num olival em Israel. Estes autores consideram que nas oliveiras o azoto é o nutriente mais limitante para o seu crescimento. Nos seus estudos, onde o objetivo foi avaliar o estado nutricional das árvores, foi mostrada a importância do azoto para o desenvolvimento da oliveira. Boussadia et al. (2010) concluíram que olivais com insuficiência de azoto para além de diminuir o seu conteúdo na clorofila e tecidos foliares, apresentam menor assimilação de carbono, resultando na menor acumulação de matéria seca e conseqüentemente a produção de frutos

Os valores de azoto mais elevados nas folhas de oliveira foram encontrados na amostragem de inverno, com destaque no talhão dos trevos (23,21 g kg⁻¹), que foi seguido dos do coberto com vegetação natural (20,08 g kg⁻¹). Estes valores corroboram com Fernández-Escobar (2001) e Freeman et al. (2005) que estabeleceram para aquela data de amostragem que os níveis de azoto foliar se devem manter dentro do intervalo 15 a 20 g kg⁻¹. As diferenças obtidas na concentração de azoto nas folhas reforçam, uma vez mais, o papel das leguminosas semeadas no aumento da disponibilidade de azoto no solo. Segundo Rouina et al. (2002), Erel et al. (2008) e Fernandez-Escobar et al. (2008) o azoto estimula a floração da oliveira e incrementa a produção de azeitona. Cobertos vegetais compostos por leguminosas fixadoras de azoto, como foi o caso deste estudo, contribuem para o aumento das concentrações de azoto no solo e no estado nutricional das árvores

(Rodrigues et al., 2015, Lombardo et al., 2021). A maior concentração de azoto nas folhas observada na amostragem de inverno comparativamente à de verão terá sido devida ao fato de o período de verão coincidir com a fase de maior atividade vegetativa e crescimento dos frutos, sendo que ocorre um efeito de diluição dos nutrientes móveis na planta. Por seu lado, o período de inverno coincide com o repouso vegetativo, o que faz com que as folhas adultas tendam a ficar mais concentradas em azoto. Contudo, na época de verão os níveis de azoto foliar não revelaram diferenças significativas entre cobertos, provavelmente por a experiência ter decorrido apenas durante uma estação de crescimento.

Os teores de fósforo foliar não apresentaram diferenças significativas entre cobertos no inverno de 2021. Entretanto, a concentração de fósforo no verão de 2022 foi mais elevada no coberto com vegetação natural ($1,56 \text{ g kg}^{-1}$) encontrando-se dentro do intervalo de suficiência. O fósforo é um elemento pouco móvel no solo, havendo menor risco de ser perdido por lixiviação (INIAP, 2005). O fósforo pode precipitar com cálcio e ser substituído por compostos de ferro e alumínio de minerais de argila (Addiscott e Thomas, 2000), e baixos níveis de precipitação limitam a capacidade microbiana e vegetal de absorver fósforo nas regiões mediterrânicas e semiáridas (Belnap, 2011).

A concentração de potássio foliar não diferiu significativamente entre os diferentes tratamentos nas duas amostragens. A deficiência de potássio representa o principal déficit nutricional em oliveiras cultivadas tanto em solos mais secos como em solos mais calcáricos devido à sua interação com a escassez de água e cálcio, respetivamente (Parra et al., 2003, Restrepo-Díaz et al., 2008). Além disso a alta mobilidade de potássio em solos com baixo teor em argila e matéria orgânica, torna-os altamente suscetível à lixiviação (Sardans e Peñuelas, 2015). Tanto no inverno de 2021 como no verão de 2022 o valor de potássio nas folhas foi ligeiramente superior nos trevos ($7,06$ e $7,86 \text{ g kg}^{-1}$, respetivamente) seguido da aveia ($22,61 \text{ mg kg}^{-1}$) e ($23,35 \text{ mg kg}^{-1}$) por último a vegetação natural ($18,58 \text{ mg kg}^{-1}$) e ($19,76 \text{ mg kg}^{-1}$ respetivamente). Como se trata de um olival de sequeiro, os valores baixos e altos de precipitação registados na região coincidem com baixas e altas concentrações de potássio. O potássio move-se no solo por fluxo de massa e difusão, estando dependente da humidade do solo para ser absorvido (INIAP, 2005; Russel, 1973). Em outros estudos foram também encontradas variações similares (Perez-Cruzado et al., 2011). A assimilação mais rápida de nutrientes como azoto, fósforo e potássio pela vegetação herbácea reduz a disponibilidade imediata para as oliveiras (Lipecki, Berbec, 1997).

O cálcio foliar não registou diferenças significativas entre cobertos. Porém, os valores mais altos obtiveram-se no período de inverno e foram verificados na parcela de trevos (5,92 g kg⁻¹), seguidos da vegetação natural (5,19 g kg⁻¹). Os valores, contudo, encontravam-se abaixo do limite inferior da faixa de suficiência definida em LQARS (2016). Em solos com pH considerado ácido por vezes podem ocorrer situações de carência de cálcio (INIAP, 2005). Observando nas épocas em que o elemento potássio foi mais elevado, o cálcio foi menor e vice-versa. O resultado está em concordância com Santos (2012), que refere existir um antagonismo entre os dois elementos. Quando o potássio está em grandes quantidades na solução do solo, origina dificuldades na absorção de cálcio. Entretanto, os valores encontrados neste estudo também são similares aos encontrados por Rodrigues et al. (2011) no qual teve valores médios de 8,36 g kg⁻¹.

No magnésio não foram encontradas diferenças significativas entre cobertos no período de inverno. Contudo, no verão de 2022 o magnésio foliar foi mais elevado nos trevos (2,92 g kg⁻¹), seguido da vegetação natural (2,05 g kg⁻¹). As médias estiveram sempre no intervalo de suficiência e corroboram com Freeman e Carlson (2005) quando referem que é raro observarem-se deficiências nutricionais de magnésio nas oliveiras.

No período que decorreu o ensaio não se registaram diferenças significativas de sódio nas folhas em ambos os cobertos, talvez pela reduzida influência da vegetação da disponibilidade de sódio no solo. O sódio não é um elemento essencial e normalmente não é incluído em estudos de gestão do solo fora de regiões com riscos de salinização, pelo que não foram encontradas referências a este elemento na bibliografia consultada.

Com exceção do período de inverno, em que os valores de boro nos trevos se encontraram próximos do limite inferior do intervalo de suficiência, o conteúdo de boro nas folhas mostrou-se relativamente elevado. As concentrações mais elevadas foram observadas no verão quando os valores no talhão da vegetação natural foram de 19,74 mg kg⁻¹, seguidos dos do talhão dos trevos com 17,92 mg kg⁻¹. No geral, as concentrações de boro não registaram diferenças significativas entre cobertos.

O boro, não sendo fortemente retido no solo quando estes têm baixos teores de argila e matéria orgânica, origina carência generalizada nas plantas dicotiledóneas em toda bacia do mediterrâneo e em várias partes do mundo. No interior norte de Portugal, o boro é um dos principais elementos a ter em conta nos programas de fertilização (Arrobas e Moutinho-Pereira, 2009). Neste estudo registaram-se valores mais elevados na amostragem de verão, corroborando os resultados de Rodrigues e Arrobas (2008).

Os resultados registados neste estudo foram similares aos observados por Rodrigues et al. (2011), que reportaram uma média de quatro anos (2003-2007) de 14,09 mg kg⁻¹ no inverno e de 19,69 mg kg⁻¹ no verão, num estudo sobre o efeito de cobertos vegetais na produção de azeitona e no estado nutricional de árvores em pomares de sequeiro na região de Bragança. Os valores corroboram também com Arrobas et al. (2018) que observaram que cerca de 43% das análises foliares em castanheiro de nove municípios de Bragança apresentaram concentrações foliares de boro abaixo do limite inferior da faixa de suficiência.

O ferro e o cobre não apresentaram valores com diferenças significativas entre cobertos. O ferro apresentou valores mais elevados no período de verão no talhão dos trevos (118,02 mg kg⁻¹), seguidos da vegetação natural (96,39 mg kg⁻¹). O cobre teve valores mais elevados no talhão da vegetação natural (6,19 mg kg⁻¹) seguidos dos trevos (4,95 mg kg⁻¹) e igualmente no período de verão.

O zinco não variou significativamente em qualquer das amostragens. Contudo, os valores mais elevados registaram-se no talhão da vegetação natural (6,19 mg kg⁻¹) seguidos do dos trevos (4,95 mg kg⁻¹). O manganês registou valores significativamente diferentes entre cobertos no período de inverno. O talhão de trevos obteve valores mais altos seguido da vegetação natural (20,28 e 12,98 mg kg⁻¹, respetivamente). No período de verão não se registaram diferenças significativas entre cobertos.

Em termos gerais todos estes micronutrientes estiveram na faixa adequada do intervalo de suficiência proposto por LQARS (2006). A presença de micronutrientes na forma orgânica melhora a capacidade de absorção das oliveiras e reduz a taxa de lixiviação dos micronutrientes (Chatzistathis et al., 2017). As concentrações encontradas neste olival podem ter tido estes resultados se levarmos em conta o pH do solo. Normalmente as situações de deficiência de ferro, cobre, manganês e zinco encontradas na bibliografia são provenientes de pomares cultivados em solos calcários (Righetti et al., 1990). Situações de deficiência não são esperadas em solos bem arejados com pH próximo da neutralidade, não havendo necessidade de recomendar estes elementos nos programas de fertilização.

Em casos de toxicidade destes elementos as estratégias usadas são a aplicação de calcário e a drenagem do solo (Havlin et al., 2014). Em situações de deficiência aplica-se o nutriente na forma de quelatos sintéticos ao solo ou como pulverizações foliares (Havlin et al., 2005), ou injetado diretamente no tronco, como proposto por Fernández-Escobar et al. (1993) para fornecer ferro em situações de clorose induzida por solos calcários.

Devido à sua rápida taxa de crescimento, a vegetação herbácea pode ser altamente eficiente na absorção de nutrientes, na resposta a eventos de chuva ou aplicação de nutrientes minerais de síntese. Esta característica de crescimento rápido permite que a vegetação herbácea absorva e armazene na sua biomassa nutrientes altamente móveis que serão progressivamente libertados a taxas mais elevadas em comparação com as oliveiras, contribuindo assim para uma ciclagem de nutrientes mais eficiente. Isto torna-se particularmente relevante nas regiões mediterrânicas e semiáridas, onde se localizam a maior parte dos olivais. Essas áreas são caracterizadas por períodos de seca prolongada, que limitam a absorção de nutrientes pelas plantas (Sardans et al., 2020). Além disso, as previsões de mudanças climáticas preveem precipitações mais irregulares (Vicente-Serrano et al., 2014).

7.5. Propriedades do solo

Os valores de carbono orgânico facilmente oxidável na camada 0-20 cm foram significativamente mais baixos no talhão da vegetação natural ($7,0 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparados aos do talhão com trevos ($8,5 \text{ g kg}^{-1}$). Contudo, os valores de carbono orgânico total não registaram diferenças significativas entre tratamentos. Vários autores (Rodrigues e Cabanas, 2009; Rodrigues et al., 2010; Hakoomat et al., 2017) referem que os cobertos vegetais contribuem para o aumento da matéria orgânica no solo (ou maior contributo para o sequestro de carbono) ao permitir elevada deposição de resíduos das plantas. O *mulching* pode ter um efeito direto no balanço de energia da superfície, influenciando a temperatura e a humidade do solo (Sauer et al. 1998). Em culturas de árvores perenes, como é o caso, a cobertura morta com por exemplo material de poda pode reduzir a erosão do solo (Calatrava e Franco 2011; Xiloyannis et al. 2008) e aumentar as entradas de carbono (Montanaro et al. 2010). Neste caso, no talhão de leguminosas, sendo produzida mais biomassa e, sobretudo biomassa mais rica em azoto, começou logo a detetar-se mais carbono orgânico facilmente mineralizável, ainda que o carbono orgânico total não tenha sofrido variação significativa devido ao reduzido tempo experimental. Os resultados corroboram com os que foram obtidos por outros investigadores (Morecroft et al., 1992; Dessureault-Rompré et al., 2009; Guntiñas et al., 2012). A quantidade anual de CO_2 fixada pelos cobertos como carbono orgânico, após descontar o emitido como CO_2 durante a decomposição dos resíduos, destaca a enorme

contribuição dos cobertos semeados em oliveiras e outras culturas perenes para a mitigação das alterações climáticas (Kaye e Quemada, 2019).

No talhão correspondente à vegetação natural o pH_(H2O) foi ligeiramente superior ao talhão dos trevos, 6,9 e 6,8 respetivamente, mas não havendo diferenças significativas entre eles. O menor valor de pH obtido no talhão de leguminosas terá tido a ver com o fato de as leguminosas no geral estarem associadas a acidificação do solo, devido à lixiviação do ião NO₃⁻ e mineralização de NH₄⁺ (Tang et al., 1999).

Não houve diferenças significativas entre tratamentos no teor de fósforo extraível, sendo o valor médio mais alto sido registado no coberto de trevos (221,6 mg kg⁻¹). Resultados similares foram encontrados por Bonilha et al. (2012) e podem dever-se à maior solubilização de fósforo pelas leguminosas.

O teor de potássio extraível no solo foi significativamente mais baixo no talhão com vegetação natural (181,3 mg kg⁻¹).

Estes valores são considerados teores muito elevados, segundo a classificação seguida em Portugal (INIAP, 2005). Ferreira et al. (2015) encontraram em oliveiras transmontanos valores mais baixos e inferiores a 100 mg K₂O kg⁻¹. O potássio é um relativamente pouco móvel no solo, que faz parte da constituição de muitos minerais primários e secundários e, na maior parte dos solos, encontra-se bastante disponível para as plantas (INIAP, 2005).

Os resultados das bases de troca observados neste estudo são considerados valores médios, segundo a classificação usada em Portugal (INIAP, 2005).

Os valores da capacidade de troca catiónica foram significativamente mais elevados no tratamento vegetação natural (20,44 cmol_c kg⁻¹), seguidos do coberto com trevos (16,05 cmol_c kg⁻¹). Estes resultados são sustentados por INIAP (2005) quando referem que em solos moderadamente ácidos pode já surgir alumínio e outros catiões ácidos, facto que pode explicar que o pH do solo teve influência nos resultados. Num solo ácido, a capacidade de troca é geralmente baixa, devido à presença de cargas negativas permanentes dos minerais de argila e uma pequena quantidade de carga variável (Varenes, 2006).

Relativamente aos micronutrientes, o talhão de coberto com trevos foi o que apresentou os valores mais elevados de boro, ferro, zinco, cobre e manganês (0,84, 158,55, 1,45 mg kg⁻¹, 2,64 e 149,99 mg kg⁻¹, respetivamente), talvez devido às múltiplas interações das plantas com o pH do solo e a modificação da rizosfera (Havlin et al., 2014).

8. Conclusão

Os resultados mostraram um bom poder de germinação das cultivares de trevo subterrâneo, Dalkeith e Campeda usadas neste estudo. Mostraram também que as plantas semeadas rapidamente dominaram o coberto, devido à sua vantagem competitiva de terem acesso a azoto atmosférico. Também por essa razão produziram mais biomassa, por que a médio e longo prazo se vai refletir em mais matéria orgânica no solo e mais azoto disponível para as árvores. Neste estudo ficaram demonstrados claramente estas tendências, apesar da curta duração do ensaio. Pareceu inequívoca a confirmação da tese de que cobertos de leguminosas de ciclo curto são os mais adequados para pomares de sequeiro de solos de baixa a média fertilidade.

9. Referências bibliográficas

- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., et al. (2019) - A Critical Review of the Impacts of Cover Crops on Nitrogen Leaching, Net Greenhouse Gas Balance and Crop Productivity. *Global Change Biology*, vol. 25, p. 2530–2543.
- Addiscot, T.M. (2000) – Tillage, mineralization and leaching: phosphate – *Soil And Tillage Research*, vol. 53, p. 3-4.
- Alcántara, C., Soriano, M. A., Saavedra, M., & Gómez, J. A. (2017) - Sistemas de manejo del suelo. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (Ed.) - *El cultivo del olivo*. 4º Ed. Madrid, Spain, Ediciones Mundi-Prensa, p.335-417.
- Almagro, M., Boix-Fayos, C. J., Garcia - Franco, N. J., & Solé-Benet, A. M. (2016) - Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies Global Change*, vol. 21, p. 1029-1043.
- Alves, M. C., & Suzuki, L. (2001) - Water infiltration in a latossolo vermelho (Oxisol) effect of two tillages and different green manures. In: García Torres, L., Benites, J., Martínez-Vilela, A. (Ed.) - *World Congress on Conservation Agriculture*, Madrid, Spain, 1 a 5 October, vol. 2, p. 155-159.
- Anderson, J. L., Bingham, G. E., & Hill, R. W. (1992) - Effect of permanent cover crop competition on row cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. III International Symposium on Computer Modelling in Fruit Research and Orchard Management 313, Palmerston North, New Zeland, 1 October, vol. 1, p. 135-142.
- Arquero, O., & Serrano, N. (2013) - Manejo del suelo. In: Arquero, O. (Ed.) - *Manual del Cultivo del almendro*, Sevilla, Spain, vol 2, p. 119.
- Arrobas, M., & Moutinho-Pereira, J. (2009). Fertilização do olival. In: Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. E. (Ed) - *Manual de safra e contra safra do olival*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, p. 21-39.
- Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A. (2011) - Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica. *Actas “Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável”*, Bragança, Portugal, 24 de Março, p. 221-223.
- Arrobas, M., Ferreira, I. Q., Claro, M., Correia, C. M., Pereira, J. M., & Rodrigues, M. A. (2015) - The effect of legumes species grown as cover crops in olive orchards on soil phosphorus bioavailability. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 38, p. 2294-2311.

- Arrobas, M., Ferreira, I. Q., Claro, M., Rodrigues, M. A., Correia, C. M., & Pereira, J. M. (2011) - Introdução de cobertos de leguminosas anuais em olival. *Vida Rural*. Bragança, Portugal, Outubro, vol. 1, p. 32-34.
- Barroso, J. M., & Santos, F. (2013) - Evolução técnica em olivicultura. In: Bohm, J., Godinho, C., & Coelho, F. (Ed.) - *O grande livro da oliveira e do Azeite*. Dinalivro, Lisboa, Portugal, p. 80-92.
- Bazzaz, F. (1983) - Characteristics of population in relation to disturbance in natural and man medified ecosystems. In: Mooney, H. A., Godren, M. (Ed.) - *Disturbance and Ecosystems*. Berlin, SpringerVerlag, vol. 44, p. 259-275.
- Belnap, J., (2011) – Biological phosphorus cycling in dryland regions. Bunemann, E.K., et al., (Ed.) – *Phosphorus in Action*. *Soil Biology*, vol. 26, p. 371-406.
- Boussadia, O., Steppe, K., Zgallai, H., Ben El Hadj, S., Braham, M., Lemeur, R., & Van Labeke, M. C. (2010) - Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars ‘Meski’ and ‘Koroneiki’. *Scientia Horticulturae*, vol. 123, p. 336 - 342.
- Bonilha, M. R., Casagrande, J. C., Soares, M. R. & Reis-Duarte, R. M. (2012) - Characterization of the soil fertility and root system of resting forest. *Revista brasileira de ciências de solo*, vol. 36, p. 1804-1813
- Blanco-Canqui, H., Wienhold, B. J., Jin, V. L., Schmer, M. R., & Kibet, L. C. (2012) - Long-term tillage impact on soil hydraulic properties. *Soil and Tillage Research*, vol. 170, p. 38-42.
- Brilli, L. e. (2017) - Review and analysis of strengths and weaknesses of agroecosystems models in representing C and N fluxes. *Science of the Total Environment*, vol. 598, p. 445-470.
- Brilli, L., Chiesi, M., Maselli, F., Moriondo, M., Gioli, B., Toscano, P., Bindi, M. (2013) - Simulation of olive grove gross primary production by the combination of ground and multi-sensor satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 23, p.29-36.
- Brilli, L., Ferrise, R., Lugato, E., Moriondo, M., & Bindi, M. (2014) - Using mitigation and adaptation strategies to optimize crop yield and greenhouse gas emissions. In: Oelberman, M. (Ed.) - *Sustainable agroecosystems in climate change mitigation wageningen*. Netherlands, Academic Publisher, vol. 1, p.205-208.
- Brilli, L., Lugato, E., Moriondo, M., Gioli, B., Toscano, P., Zaldei, A., Costafreda-Aumedes, S. (2018) - Carbon Sequestration capacity and productivity responses of

- Mediterranean olive groves under future climates and management options. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, p. 1-25.
- Canero, A., Cox, L., Redondo-Gómez, S., Mateos-Naranje, E., Hermosin, M. C., & Cornejo, J. (2011) - Effect of the herbicides Terbutylazine and Glyphosate on photosystem II photochemistry of young olive (*Olea europea*) plants. *Journal Agricultural Food Chemistry*, vol. 59, p. 5528-5534.
- Carneiro, J. P., Simões, N., Duarte-Maçãs, F., & Tavares-de-sousa, M. (2008) - Pasture Improvement in montado extensive farming systems. In: Porqueddu, C. (Ed.) – Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions, Zaragoza, Spain, vol. 79, p. 193-197.
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., & Marinari, S. (2011) - Legume cover crops and mulches: effects on nitrate leaching and nitrogen input a pepper crop (*Capsicum annum* L.). *Science and Business, Nutrition Cycling Agroecosystem*, vol. 68, p. 399 - 412.
- Celis, R., Trigo, C., Facenda, G., Hermosin, M. C., & Conejo, J. (2007) - Selective modification of clay minerals for the adsorption of herbicides widely used in olive groves. *Journal Agricultural Food Chemistry*, vol. 55, p. 6650-6658.
- Civantos, L. (2017) - La olivicultura en el mundo y en España. In: Barranco, D., Fernandez, E., & Rallo, L. (Ed.) - *El cultivo del olivo*. Spain, Mundi-Prensa, vol. 7, p. 19-35.
- Connor, D. J., & Fereres, E. (2005) - The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews*. Córdoba, Spain, vol. 31, p. 155-229.
- Cooper, J., & Schorer, H. (2012) - Nitrogen fixation. In: Marshner, P. (Ed.) - *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London, England, 3 ed.
- de Graaff, J., & Eppink, L. A. (1999) - Olive oil production and soil conservation in Southern Spain, in Relation to EU subsidy policies. *Land Use Policy*, vol. 16, p. 259-267.
- Dessureault-Rompré, J., Zebarth, B. Z., Georgallas, A., Burton, D. L., Grant, C. A., & Drury, C. F. (2009) - Temperature dependence of soil nitrogen mineralization rate: Comparison of mathematical models, reference temperatures and origin of the soils. *Geoderma*, vol. 157, p. 97-108.
- Duarte, F., Jones, N., & Fleskens, L. (2008) - Traditional olive orchards on sloping land: Sustainability or abandonment? *Journal of Environment Management*, vol. 89, p. 86-98.

- Durán, Z. F., Pleguezuelo, R. C., Francia, J. R., Raya, A. M., Penaduero, L. A., Rodriguez, B. C., & Moll, M. C. (2008) - Benefits of plant strips for sustainable mountain agriculture. *Agronomy Sustainable Development*, vol. 28, p. 497-505.
- Driouech, N., Abou Fayad, A., Ghanem, A., & Al-Bitar, L. (2008) - Agronomic performance of annual self-reseding legumes and their self-establishment potential in the Apulia region of Italy. In: 16th IFOAM Organic World Congress. Modena, Italy, June, p. 16-20.
- Erel, R., Dag, A., Ben-Gal, A., Schwartz, A., & Yermiyahu, U. (2008) - Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus, and potassium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 133, p. 639-647.
- Feio, M. (1991) - *Clima e Agricultura*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação.
- Fernandes, G. M. (2014) - *Caracterização morfológica e genética de cultivares de oliveiras centenárias e tradicionais para obtenção de produtos diferenciados*. Tese de Mestrado. Portugal, Instituto Politécnico de Bragança. 135 p.
- Fernández-Escobar, R., Barranco, D. & Benlloch, M. (1993) - Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method. *Horticulture and Science*, vol. 28, p. 192-194.
- Fernandez-Escobar, R., Gómez, J. A., Queda-Moraga, E., Orgaz, F., Trapero, A., & Rosa, R. (2017) - *Sistemas de Produção em Olivicultura*. In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., Rallo, L. (Ed.) - *El cultivo del Olivo*, vol 7, Madrid, Spain, Edicions Mundi-Prensa.
- Ferreira, I. Q., Arrobas, M. A., & Rodrigues, M. A. (2013) - Soil Management in rainfed olive orchards may result in conflicting effects on olive production and soil fertility. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 11, p. 472-480.
- Ferreira, I., & Arrobas, M. (2015) - Management of nitrogen-rich legume cover crops as mulch in traditional olive orchards. *Journal Communication in Soil Science and Plants Analysis*, vol. 46, p. 1881-1894.
- Fillipini, A. (2014) - *Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul*. 1ª ed. Brasília. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 80 p.
- Fleskens, L., & De Graaff, J. (2001) - Soil conservation options for olive orchards on sloping land. In: García Torres, L., Benites, J., Martínez-Vilela, A. (Ed.) - *World Congress on Conservation Agriculture*, Madrid, Spain, 1 a 5 October, vol. 2, p.231-235.

- Fleskens, L., Duarte, F., & Eicher, I. (2008) - A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: a case study of Trás-os-Montes olive groves. *Journal of Rural Study*, vol. 25, p. 141-155.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. (s.d.). Obtido em 2 de Novembro de 2021, de FAOSTAT: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity
- Gabriel, J. L., Munoz-Carpena, R., & Quemada, M. (2012) - The role of cover crops in irrigated systems: water balance, nitrate leaching and soil mineral nitrogen accumulation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 155, p. 50-61.
- Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., & Martinez-Mena, M. (2015) - Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research*, vol. 153, p. 66-75.
- Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., & Martinez-Mena, M. (2015) - Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, vol. 153, p. 66-75.
- Gómez, J. A., Guzmán, M. G., Guiráldez, J. V., & Ferrers, E. (2009) - The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in a olive orchard on a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, vol. 106, p. 137-144.
- Guzmán, G. I., & Foraster, L. (2011) - El manejo del suelo y las cubiertas vegetales en el olivar ecológico. In: Casado, G. G. (Ed.) - *El olivar Ecológico*. Junta de Andalucía, Espanha, Mundi-Prensa, vol. 1, p.30-31.
- Grant, J., Anderson, K. K., Prichard, T., Hasey, J., Bugg, R. L., Thomas, F., & Johnson, T. (2006) - *Cover Crops for Walnut Orchards*. Regents of the University of California, vol. 21627.
- Hakoomat, A., Arooj, M. N., Areeb, A. U., & Hussain, S. (2017) - A Aplicação em Pré e Pós-Emergência de Herbicida sob Sistema de Irrigação Melhorado Provou ser Estratégia Sustentável no Controle de Plantas Daninhas em Cultivo de Algodão. *Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas*, vol. 35, 12 p.
- Havlin, J.L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014) - *Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to nutrient management*. USA, edits. eighth, vol. 8.

- Hoagland, L., Carpenter-Boggs, L., Granatstein, D., Mazzola, M., Smith, J., Peryea, F., & Reganold, J. P. (2008) - Orchard floor management effects on nitrogen fertility and soil biological activity in a newly established organic apple orchard. *Biological and Fertility of Soils*, vol. 45, p. 11-18.
- Instituto Nacional de Estatística. (2021) - Obtido em 2 de Dezembro de 2021, de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=437178558&PUBLICACOESstema=55505&PUBLICACOESmodo=2
- INIAP (2005) - Manual de Fertilização das Culturas. Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas. Lisboa, Editorial do Ministério da Educação, p. 282
- Iraldo, F., Testa, F., & Bartolozzi, L. (2013) - An application of life cycle assessment (LCA) as a green marketing tool for agricultural products: the case of extra-virgin olive oil in Val di Cornia, Italy. *Journal Environment Planning Management*, vol. 57, p. 78-103.
- Jackson, D. (2011) - Soils, nutrients and water. In: Jackson, D., Looney, N., Morley-Bunker, M., & M-Thiele, G. (Ed.) - *Temperate and Subtropical Fruit Production*, 3^o ed. CAB International, UK.
- Jiménez, M.S., Serrano-Ortíz, P., Pénnelas, J., Mejjide, J., Chamizo, S., López-Ballesteros., Vicente-Vicente, L. J., Fernández-Odono, E., (2022) – Effects of herbaceous covers and mineral fertilizers on the nutrient stocks and fluxes in a Mediterranean olive grove. *European Journal of Agronomic*, vol. 140, p. 126-597.
- Kairis, O., Karavitis, C. A., & Solvati, L. C. (2013) - The effect of lan management practices on soil erosion and land desertification in a olive grave. *Soil use and Management*, vol. 29, p. 597-606.
- Keestra, S., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E. C., Azorin-Molina, C., Parras-Álcantara, L., Cerdá, A. (2016) - Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards. *Science Total Environement* , vol. 551, p.357-366.
- LQARS (2006) - Manual de Fertilização de Culturas. INIAP, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa, Portugal.
- Lipecki, J., & Berbec, S. (1997) - Soil management in perennia crops: orchards and hep gardens. *Soil and Tillage Research*, vol. 43, p. 169-184.
- Lipecki, J., & Berbec, S. (1997) - Soil management in perennia crops: orchards and hep gardens. *Soil and Tillage Research*, vol. 43, p. 1-2.

- Lisek, J., & Buler, Z. (2018) - Growth and yield of plum trees in response to in-row orchard floor management. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 42, p. 97-102.
- Lorite, I. J., Gbaldón-Leal, C., Ruiz-Ramos, M., Belaj, A., de la Rosa, R., León, L., & Santos, C. (2018) - Evaluation of olive response and adaptation strategies to climate change under semi-arid conditions. *Agriculture Water Management*, vol. 51, p. 247-261.
- Loumon , A., & Giourga, C. (2003) - Olive groves: The life and identity of the Mediterranean. *Agriculture and Human Values*, vol. 20, p. 87-95.
- Lucena, B., & Mendez, M. A. (2017) - La olivicultura en el mundo y Españã. In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., & Rallo, L. (Ed.) - *El cultivo del olivo*. 7ª ed. Madrid, Ediciones-Mundi Prensa, p. 4-32.
- Madureira, L., Rebelo, J., & Ferreira, P. (1994) - A olivicultura e o setor do azeite em Trás-os-Montes e Alto Douro: Situação Atual e Perspetivas. *O setor do Azeite - PDRITM II. UTAD - Departamento de Economia e Sociologia*, Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Martinez, J. R., Zuazo, V. D., & Martinez, R. A. (2006a) - Environmental impact from mountains olive orchard under different soil management systems (SE Spain). *Science of The Total Environment*, vol. 358, p. 46-60.
- Martinez, R. A., Durán, Z. V., & Francia, M. J. (2006b) - Soil erosion and runoff response to plant-cover strips on semiarid slopes (SE Spain). *Land Degradation & Development*, vol. 17, p. 1-11.
- Martinez-Mena, M., Almagro, M. N., Ruiz-Navarro, A. J., Aguilar, J. D., & Querejeta, J. (2013) - Decreased foliar nitrogen and crop yield in organic rainfed almond trees during transition from reduced tillage to no-tillage in a farming system. *European Journal of Agronomy*, vol. 49, p. 149-157.
- Meier, U. (2018) - Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. Julius Kühn-Institut (JKI) Quedlinburg.
- Milagros, T.M., Domenbo, P., Herrera, M. J., Rodriguez, C. J, Calera, J., Ruíz, G.R. (2022) - Aboveground Carbon Fixation and Nutrient Retention in Temporary Spontaneous Cover Crops in Olive Groves of Andalusia. *Frontiers in Environmental Science*. University of Jaén, Jaén, Spain, October 2022.

- Mauromicale, G., Occhipinti, A., & Mauro, R. P. (2010) - Selection of shade - adapted subterranean clover species for cover cropping in orchards. *Agronomic for Sustainable Development*, vol. 30, p. 473-480.
- Montanaro, G., Celano, G. B., & Xyloianis, C. (2010) - Effect of soil-protecting agricultural practices on soil organic carbon and productivity in fruit tree orchards. *Land Degradation & Development*, vol. 21, p. 132-138.
- Montemurro, P., Franchiollo, M., Guarini, D., & Losorella, C. (2002) - Results of a chemical weed control trial in a olive orchard. *Acta Horticulture 586. IV International Symposium on Olive Growing, Valenzano, Italy, October*, vol. 2, p. 397-400.
- Moreno, B., Garcia-Rodriguez, S., Cañizares, R., Castro, J., & Benitez, E. (2009) - Rainfed olive farming in south-eastern Spain: Long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 131, p. 333-339.
- Moriondo, M., Leolini, L., Brilli, L., Dibari, C., Tognetti, R., Giovannelli, A., Bindi, M. (2019) - A simple model simulating development and growth of an olive grove. *European Journal of Agronomy*, vol. 105, p. 129-145.
- Morecroft, M. D., Mars, R. H., & Woodward, F. I. (1992) - Altitudinal and seasonal trends in soil nitrogen mineralization rates in the Scottish Highlands. *Journal of Ecology*, vol. 80, p. 49-56.
- Morris, M. G. (2000) - The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation*, vol. 95, p. 129-142.
- Nardino, M., Pernice, F., Rossi, F., Georgiadis, T., Fancini, G., Mortisi, A., & Drago, A. (2013) - Annual and monthly carbon balance in a intensively managed Mediterranean olive orchard. *Photosynthetica*, vol. 51, p. 63-74.
- Nieto, O. M., Castro, J., Fernández, E., & Smith, P. (2010) - Simulation of soil organic carbon stocks in a Mediterranean olive grove under different soil-management systems using the RothC model. *Soil Use and Management*, vol. 26, p. 118-125.
- Nobinger, C., Maraschin, G. E., & Moraes, G. A. (1999) - Pasture related problems in beef cattle production in Southern Brazil, Curitiba, *Anais*, vol. 1, p. 23-48.
- Nogueira, F. A. (2012) - Contribuição para a caracterização de "Azeitonas de mesa mistas ao natural" produzidos de forma tradicional em Trás-os-Montes: aspetos

morfológicos químicos e microbiológicos. Tese de Mestrado. Portugal, Instituto Politécnico de Bragança, 83p.

- Repullo-Ruibérriz de Torres, M. A., Carbonell-Bojollo, R., Alcántara-Braña, C., Rodríguez-Lizana, A., and Ordóñez-Fernández, R. (2012) - Carbon Sequestration Potential of Residues of Different Types of Cover Crops in Olive Groves under Mediterranean Climate. *Spanish Journal Agricultural Research*, Spain, vol. 10, p. 649–661
- Olive Oil Times (2022) - Obtido em 10 de Junho de 2022, de Conselho Oleícola Internacional (COI): oliveoiltimes.com/pt/world/global-olive-oil-production-dips-to-four-year-low/88616.
- Ordóñez-Fernández, R., Repullo-Ruibérriz de Torres, M. A., Márquez-García, J., Moreno-García, M., Carbonell-Bojollo, R. M., and Carbonell-Bojollo, R. M. (2018) - Legumes Used as Cover Crops to Reduce Fertilisation Problems Improving Soil Nitrate in an Organic Orchard. *European Journal Agronomic*, vol. 95, p. 1–13
- Osborne, B., Davids, P., Black, K., Clifton-Brown, J., Kumar, S., Williams, M., & Jones, M. (2004) - Crops and cropping systems for enhanced carbon sequestration. *Temperate arable Agriculture. Proc of 8th ESA Congress*, Copenhagen, Denmark, october, p. 149-150.
- Ovalle, C., del Pozo, A., Lavín, A., and Hirzel, J. (2007) - Cover Crops in Vineyards: Performance of Annual Forage Legume Mixtures and Effects on Soil Fertility. *Agricultural Science*, vol.67, p. 384–392.
- Palese, A. M., Pergola, M., Favia, M., Xiloyannis, C., & Celano, G. (2013) - A sustainable model for the management of olive orchards located in semi-arid marginal areas: Some remarks and indications for policy makers. *Environment Science & Policy*, vol. 27, p. 81-90.
- Palese, A. M., Vignozzi, N., Celano, G., Agnelli, A. E., Pagliai, M., & Xiloyannis, C. (2014) - Influence of soil management on soil physical characteristics and water storage in a mature rainfed olive orchard. *Soil and Tillage Research*, vol. 144, p. 96-109.
- Pastor, M., Castro, J., Veja, V., & Humanes, M. D. (2001) - Sistemas de manejo del suelo. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (Ed.)- *El cultivo del olivo*. Madrid, Spain, Mundi-Prensa, vol. 4, p. 214-254.

- Pavão, F. M. (16 de Novembro de 2016) - Agroportal. Obtido de <https://www.agroportal.pt/olival-tradicional-de-tras-os-montes-e-alto-douro-um-futuro-a-preservar-francisco-pavao/>
- Peres, A. M., Baptista, P., Malheiro, R., Dias, L. G., Bneto, A., & Pereria, J. A. (2011)-
Chenometric classification of several olive cultivars from Trás-os-Montes region (northeast of Portugal) using artificial neural networks. *Chenometric and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 105, p. 65-73.
- Perez-Cruzado, C., Solla-Gullón, F., Merino, A., Rodríguez-Soalleiro, R. (2011) -
Analysis of growth and nutrition of a young *Castanea X coudercii* plantation after application of wood-bark ash. *European Journal Forest Research*, vol. 130, p. 209 - 217.
- Pisante, M., & Benites, J. (2004) - The importance of cover crops in conservation agriculture. *Proc. of 8 th ESA - Congress, Copenhagen, Denmark*, p. 647-648.
- Ramos, M. E., Robles, A. N., & González-Rebollar, J. (2011) - Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil and Tillage Research*, vol.112, p. 85-91.
- Rapoport, H. F. (2017) - *Botanica y Morfología*. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (Ed.) - *El cultivo del olivo*. Madrid, Spain, Ediciones Mundi-Prensa, vol. 7, p. 39-62.
- Redin, C. G. (2013) - *Efeitos do pastoreio sobre a veetação natural em fregmento de savana estépica parque, RS, Brasil*. Tese de mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 96 p.
- Reis, P. (2014) - *O olival em Portugal. Dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural*. (Ed.) Animar - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Local. Lisboa, 35 p.
- Righetti, T.L., Wilder, K.L., & Cummings, G.A. (1990) - Plant analysis as an aid in fertilizing orchards. In: Westermann, R.L. (Ed.) - *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. Book Series, SSSA, Madison, WI, vol. 3, p. 563 - 601.
- Rodrigues, M. A. (2013) - *Introdução de leguminosas pratenses na gestão do solo dos olivais de sequeiro*. Trifólia - Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens, Elvas, Portugal, 22 Novembro, vol. 4, p. 1-3.
- Rodrigues, M. A., & Arrobas, M. (2009) - *Manutenção do solo - Cobertos vegetais semeados*. In: Rodrigues, M. A. (Ed.) - *Amendoeira: Estado de Produção - Centro Nacional de Competencias dos Frutos Secos, Bragança, Portugal*, p. 210-212.

- Rodrigues, M. A., & Arrobas, M. (2017) - Manutenção do solo. In: Rodrigues, M. A. (Ed.) - Amendoeira: Estado de Produção - Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos, Bragança, Portugal, p. 185-194.
- Rodrigues, M. A., & Arrobas, M. (2017) - Manutenção do solo-Cobertos vegetais. In Rodrigues, M. A. (Ed.) - Amendoeira: Estado de Produção - Centro Nacional de Competencias dos Frutos Secos, Bragança, Portugal, p. 205-207.
- Rodrigues, M. A., & Arrobas, M. (2020) - Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. *Fruit Crops, Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*, p. 279-292.
- Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. E. (2007) - As infestantes. In: Torres, L. (Ed.) - Manual de Proteção Integrada do Olival, Bragança, Portugal, p. 357-365.
- Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. E. (2009) - Manutenção do solo. In: Rodrigues, M. A., & Correia, C. M.(Ed.) - Manual da Safra e Contra Safra do Olival, Bragança, Portugal, p. 41-42.
- Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. E. (2009) - Manutenção do Solo. In: Rodrigues, M. A., & Correia, C. M. (Ed.) - Manual da Safra e Contra Safra do Olival, Bragança, Portugal, p. 41-57.
- Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. M. (2009) - Manutenção do solo. In: Rodrigues, M. A., & Correia, C. M.(Ed.) - Manual da Safra e Contra Safra do Olival, Bragança, Portugal, p. 44-45.
- Rodrigues, M. A., & Correia, C. (2009) - Manual da Safra e Contra Safra do Olival. In: Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. (Ed.) - Manutenção do solo - Gestão da vegetação pelo corte, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, p. 50.
- Rodrigues, M. A., Arrobas, M., & Raimundo, S. (2019) - Um olhar sobre a gestão do solo em olival face ao aquecimento global - *Voz do Campo*, Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.
- Rodrigues, M. A., Correia, C. M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., Barbosa, J. C., Pereira, J. M., Arrobas, M. (2013) - Soil nitrogen availability in olive orchards after *mulching* legume cover crop residuos. *Scientia Horticulturae*, vol. 158, p. 45-51.
- Rodrigues, M. A., Dimande, P., Pereira, E., Ferreira, I. Q., Freitas, S., Correia, C. M., Arrobas, M. (2015) - Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 103, p. 153-166.

- Rodrigues, M. A., Ferreira, I. Q., Claro, A. M., & Arrobas, M. (2012) - Persistencia de leguminosas anuais de ressementeira natural cultivadas como cobertos vegetais em olival e geridas sem pastoreio. Reunião de Primavera - Pastagens e Forragens, Elvas, Portugal, 2 a 4 de Maio.
- Rodrigues, M. A., Ferreira, I. Q., & Arrobas, M. (Maio de 2015) - Introdução de leguminosas pratenses em olival de sequeiro. Reunião de Primavera - As pastagens e o pastoreio em áreas de montanha, Vila Pouca de Aguiar, Portugal, 8 e 9 de Maio.
- Rodrigues, M. A., Pavão, F. J., & Cabanas, J. M. (2011) - Effect of soil management on olive yield and nutritional status of trees in rainfed orchards. *Comunicações em ciência do solo e análise de plantas*, vol. 42, p. 993.
- Rodrigues, M. A., Pavão, F., Oliveira, J., & Arrobas, M. (2010) - Gestão da vegetação herbácea em olival em modo produção biológico. *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura - Olivicultura*, vol. 102, p. 17-19.
- Rodrigues, M. A., Pires, J. M., Claro, M., Ferreira, I. Q., Barbosa, J. C., & Arrobas, M. (2013) - Instalação de leguminosas anuais de ressementeira natural como cobertos vegetais em olivais de sequeiro. *Revista - Pastagens e Forragens*, Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, vol. 32/33, p. 85-97.
- Russelle, M. P. (2008) - Biological dinitrogen fixation in agriculture. In: Schopers, J. S., & Ramom, W. R. (Ed.) - *Nitrogen in Agricultural Systems*. Agronomy, Wis: ASA, CSSA, SSSA, Madison, vol. 49, p. 281-359.
- Russel, E. W. (1973) - *Soil conditions and plant growth*. 10th (Ed.) London and New York, Longman group limited, p. 849.
- Sardans, J., & Pennelas, J. (2013) – Plant Soil Interaction in Mediterranean Forest and Shrublands: Impacts of climatic change. *Plant and Soil*, vol 365, p. 1-3.
- Sardans, J., Urbina, F., Grou, O., Ascensio, D., Ogaya, R., Pennuelas, J. (2020) – Long-Term drought decreases ecosystems C and nutrient storage in a mediterranean holm oak forest. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 177, p. 104-135.
- Santos, J. Q. (1996) - *Fertilização: Fundamentos da utilização dos adubos e corretivos*, 2ª ed. Europa-América, Mem-Martins.
- Schneider, P. R., & Galvão, F. S. (1979) - Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. *Revista Floresta*, vol. 1, p. 19-23.
- Sirrene, R., Letourneau, K., Shennan, C., Sirrine, D., Fouch, K., Jackson, L., & Mages, A. (2008) - Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients,

- weeds, and arthropods of tart cherry in Michigan, USA. *Agricultural Ecosystem Environmental*, vol. 125, p. 239-245.
- Snoeck, D., Zapata, F., & Domenach, A. M. (2000) - Isotopic evidence of the transfer of nitrogen fixed by legumes to coffee trees. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, vol. 4, p. 95-100.
- Torres, J. L. (2012) - Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. *Bioscience Journal*, vol. 28, p. 232-239.
- Torres, M. A., Ordóñez-Fernández, R., Giráldez, J. V., Márquez-García, J., Laguna, A., & Carbonell-Bojollo, R. (2018) - Efficiency of four different seeded plants and native vegetation as cover crops in the control of soil and carbon losses by water erosion in olive orchards. *Land Degradation & Development*, vol. 29, p. 2278-2290.
- Toscano, P., Bricoli-Bati, C., Godino, G., De Simeone, C., Regliones, M., Lorenzoni, P., Antonuccio, S. (2004)- Efeitos agronômicos y edafológicos de dos sistemas distintos de manejo del suelo en un olivar de colina de sur de Itália. *Olivae*, vol. 102, p. 21-26.
- Vanwalleghem, T., Amate, J. L., Molina, M. G., Fernández, D. S., & Gómez, J. A. (2011) - Quantifying the effect of historical soil management on soil erosion rates in Mediterranean olive orchards. *Agricultural Ecosystem and Environment*, vol. 142, p. 341-351.
- Varenes, A. (2003) - *Produtividade dos solos e Ambiente*, p. 490.
- Vaz, M. H. (2011) - Azeite de Trás-os-Montes - Influência da localização do olival e das cultivares nas características dos azeites, p. 11-12.
- Vicente-Serrano, M.S., López-Moreno, I.J., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sánchez-Lorenzo, A., García-Ruiz, M.J., Molina-Azerin, C., Moran-Tejeda, E., Roverelto, J., Trigo, R., Coelho, F., Espejo, F. (2014) – Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. *Environmental Research Letters*, p. 1-9.
- Vossen, P. (2007) - Olive oil: History, production, and characteristics of the world's classic oils. *Horticulture and Science*, vol. 42, p. 1093-1100.
- Zhao, P. R., & Li, J. J. (2006) - Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy grazing pressure in the Northern Tianshan Mountains. *Journal of Arid Environments*, vol. 68, p. 337-508.