

**ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA OLIVEIRA INFLUENCIADOS
PELAS TÉCNICAS DE GESTÃO DO SOLO**

Natália Luiza Groth Zago

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção
do Grau de Mestre em Agorecologia no âmbito da dupla diplomação com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco*

Orientado por

Professora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

Professor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Professor Doutor Thiago Vargas

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Bragança, dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por sempre iluminar meu caminho e estar comigo para enfrentar as dificuldades e vibrar pelas conquistas.

Agradeço a minha família pelo apoio, carinho, incentivo e união. Em especial minha mãe Cátia, meu pai Josemar e minha irmã Beatriz, que me apoiaram incansavelmente para que eu fosse atrás dos meus sonhos, me mostraram que sou capaz e que conseguiria chegar até aqui. À minha avó Ilória que partiu horas antes de minha viagem para Portugal, mas deixou vivos e comigo os seus ensinamentos e a sua vontade de ver, independentemente de onde, sua neta ser feliz e concluir seus projetos. Além de todos os meus familiares pela preocupação e pelas mensagens frequentes de apoio.

Agradeço imensamente à minha orientadora, Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues por ter acreditado no meu trabalho, pelo tempo e suporte disponibilizados desde o início. Ao Professor Doutor Manuel Ângelo Rodrigues por toda a bibliografia disponibilizada e pelas contribuições para o trabalho. Agradeço também ao Professor Doutor Thiago Vargas pelas contribuições ao longo deste trabalho.

Agradeço ao Instituto Politécnico de Bragança pela recepção, experiência e oportunidade de realizar minha dissertação. Ao Laboratório de Solos do IPB, pelo suporte durante as análises realizadas. À UTFPR pela oportunidade de participar do programa de dupla-diplomação.

Agradeço aos amigos que fiz em Bragança e aos que ficaram no Brasil, principalmente aos que me acompanharam durante este período, não me deixando desanimar e que me deram força para seguir em frente. Agradeço em especial à amiga Soraya Raimundo, por toda a ajuda no começo dos meus trabalhos no laboratório.

Por fim, agradeço a todos os demais que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

Muito obrigada!

RESUMO

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma árvore cultivada em diversas regiões do mundo que possui elevada importância econômica e social em Portugal. Os olivais portugueses são cultivados sobretudo em regiões de sequeiro onde a água é o principal fator limitante da produção. Devido aos efeitos nos ecossistemas dos processos de intensificação da produção, os métodos de gestão do solo adquiriram elevada importância, sobretudo no controle da erosão em regiões de declive acentuado. Com o presente estudo objetivou-se avaliar as condições nutricionais da oliveira em diferentes sistemas de gestão da superfície do solo: gestão do solo com coberto vegetal; com mobilização; e com aplicação de herbicida. O efeito dos tratamentos foi avaliado nas propriedades do solo, a partir da coleta de amostras em três profundidades (0 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 30 cm) debaixo e fora da copa, no estado nutricional das árvores, a partir da coleta de folhas em fevereiro de 2020 no repouso vegetativo, e na produção de azeitona. Os resultados mais relevantes mostram um impacto positivo da gestão do solo com coberto vegetal nas propriedades do solo. Aumentou de forma significativa o teor de matéria orgânica e de alguns nutrientes como fósforo e boro. A produção não diferiu de forma significativa entre tratamentos, embora se verificassem valores ligeiramente superiores no talhão gerido com coberto vegetal. A concentração de nutrientes nas folhas foi genericamente superior no talhão gerido com coberto vegetal. A falta de significância em muitos dos resultados, nomeadamente os da produção, poderá ter estado relacionada com as condições ambientais, sobretudo com a falta de precipitação em momentos chave dos processos fisiológicos da cultura.

Palavras-chave: *Olea europaea*; gestão do solo; mobilização; herbicidas; cobertos vegetais.

ABSTRACT

Olive (*Olea europaea* L.) is a tree crop grown in several regions of the world, and with a high economic and social importance in Portugal. Portuguese olive groves are mainly rainfed managed, thus soil water availability being the main limiting factor of crop yield. Due to the effects on ecosystems of the intensification of the cropping processes, soil management methods have acquired high importance, particularly to control soil erosion in regions of steep slopes. This study aimed to evaluate the performance of olive trees grown under different ground management systems: cover cropping with natural vegetation, soil tillage, and post-emergence herbicide application. The effect of the treatments was evaluated on soil properties, from soil samples taken from three depths (0 - 10 cm, 10 - 20 cm and 20 - 30 cm) beneath the canopy and between rows, on tree nutritional status, from leaf samples taken in the resting period of olive, in February 2020, and on olive yield. The most relevant results show a positive effect of cover cropping on soil properties. The content of organic matter and the content of some nutrients such as phosphorus and boron significantly increased. The olive yield did not differ significantly between treatments although the average values were slightly higher in cover cropping than in the other plots. The concentration of nutrients in the leaves was generally higher in cover cropping plot. The lack of statistical significance in many of the results, namely the olive yield, may have been related to environmental conditions, especially with the lack of precipitation at key moments in the physiological processes of the crop.

Key-words: *Olea europaea*; soil management; mobilization; herbicides; covered cropping.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Objetivo geral	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	A CULTURA DA OLIVEIRA	3
2.1.1	Dispersão da cultura no mundo.....	3
2.1.2	Produção da cultura na Europa	4
2.1.3	Olivicultura em Portugal	5
2.1.4	Olivicultura no Brasil.....	8
2.2	PREFERÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICAS.....	9
2.3	FERTILIDADE DO SOLO E ESTADO NUTRITIVO DAS ÁRVORES	11
2.3.1	Importância das análises de solo e de tecidos vegetais como técnica de diagnóstico de sua fertilidade.....	11
2.3.2	Nutrição da oliveira: importância dos diferentes nutrientes no desenvolvimento da cultura.....	14
2.4	GESTÃO DO SOLO.....	17
2.4.1	Mobilização tradicional do Solo	17
2.4.2	Uso de herbicidas.....	19
2.4.3	Utilização de coberturas vegetais	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	22
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
4	ANÁLISES LABORATORIAIS	22
4.3	COLHEITA E ANÁLISES DE SOLO	22
4.4	COLHEITA E ANÁLISES DE TECIDOS VEGETAIS.....	24
5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
6	RESULTADOS	27
6.1	PROPRIEDADES DO SOLO	27

6.1.1	Debaixo da Copa.....	27
6.1.2	Na Entrelinha.....	33
6.2	PROPRIEDADES DA BIOMASSA.....	37
6.2.1	Produção.....	37
6.2.2	Polpa e Caroço.....	37
6.2.3	Folhas	39
7	DISCUSSÃO.....	40
7.1	PROPRIEDADES DO SOLO	40
7.2	PROPRIEDADES DA BIOMASSA.....	43
7.2.1	Produção.....	43
7.2.2	Polpa e caroço	44
7.2.3	Folhas	44
8	CONCLUSÕES.....	47
9	REFERÊNCIAS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição da cultura da oliveira em Portugal por regiões em termos de área (a) e em termos de produção (b) (INE, 2018).....	6
Figura 2: Evolução da produção de azeite em Portugal no quinquénio 2014-2018. Fonte: INE 2019.....	6
Figura 3: Produção (ton) de azeitona e área disponível (ha) em Portugal. Fonte: FAOSTAT, 2018.	7
Figura 4: Cartograma- Quantidade (toneladas) de azeitona produzida no Brasil por Estado. Fonte: Censo Agro 2017- IBGE.	8
Figura 5: Área (em ha) de olival colhida no Brasil por Estado. (PE: Pernambuco; SC: Santa Catarina; PR: Paraná; SP: São Paulo; MG: Minas Gerais; RS: Rio Grande do Sul). Fonte: Censo Agro 2017- IBGE.	9
Figura 6: Variação da matéria orgânica no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	27
Figura 7: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	28
Figura 8: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	28
Figura 9: Variação no teor em P_2O_5 no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	29
Figura 10: Variação do teor em K_2O no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	29
Figura 11: Variação do íon Ca^{2+} no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	30

Figura 12: Variação do íon Mg^{2+} no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	30
Figura 13: Variação do íon K^+ no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	31
Figura 14: Variação do íon Na^+ no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	31
Figura 15: Variação da acidez de troca no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	32
Figura 16: Variação da CTC do solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	32
Figura 17: Variação do B do solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	33
Figura 18: Variação da matéria orgânica no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	33
Figura 19: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	34
Figura 20: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	34

Figura 21: Variação do P_2O_5 no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)	35
Figura 22: Variação do K_2O no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)	35
Figura 23: Variação do B no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)	37
Figura 24: Relação polpa/caroço das azeitonas em cada tipo de manutenção do solo. (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização).....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Concentrações de nutrientes nas folhas das oliveiras (LQARS, 2006)	14
Tabela 2: Variação do complexo de troca em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada.	36
Tabela 3: Variação de N, P, K, Ca, Mg e B de troca em função do tipo de manutenção do solo.....	38
Tabela 4: Variação de N, P, K, Ca, Mg e B de troca em função do tipo de manutenção do solo.....	39
Tabela 5: Variação de N, P, K, Ca, Mg e B de troca em função do tipo de manutenção do solo.....	39

1 INTRODUÇÃO

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma árvore muito antiga e oriunda do Mediterrâneo possivelmente desde o início da agricultura. É considerada uma árvore padrão da agricultura portuguesa desde a antiguidade (Rodrigues, 2003). Na espécie *Olea europaea* estão incluídas todas as oliveiras cultivadas e as oliveiras silvestres. Existem cerca de 35 espécies do género *Olea*. *Olea europaea* é a única espécie da família *Oleaceae* que possui frutos comestíveis (Coutinho et al., 2009). A oliveira é considerada uma arbórea rústica quanto ao solo em que se desenvolve, possuindo uma boa adaptação a qualquer tipo de solo (Barradas, 1998).

A oliveira é considerada uma oleaginosa de grande valor económico do Mediterrâneo (Lucena & Mendez, 2017). Os produtos gerados através da olivicultura são o azeite e a azeitona de mesa e possuem um importante papel na economia de Portugal. Os maiores produtores de azeite estão localizados na área tradicional de olivicultura (Mediterrâneo e Oriente próximo), com a Espanha a liderar as estatísticas (FAOSTAT, 2018). Quanto à produção global, está situada próximo dos 19 milhões de toneladas de azeitona, sendo cerca de 90% para produção de azeite e 10% consumidos como azeitona de mesa (FAO, 2018). A região do Mediterrâneo é responsável por cerca de 95% da produção mundial de azeite (GPP, 2017).

O clima mediterrânico é caracterizado por apresentar invernos suaves e verões longos, quentes e secos com precipitações que ocorrem sobretudo durante o inverno. A oliveira, no entanto, precisa de temperaturas baixas para vernalizar e frutificar (Barradas, 1998). Atualmente podemos encontrar olivais plantados em todas as regiões do mundo localizadas entre as latitudes 30° e 45° nos dois hemisférios, em condições muito diferentes, desde desertos até climas mais úmidos (Fernandez-Escobar & Rosa, 2017). Existem muitos olivais localizados em áreas montanhosas com declives acentuados, regiões em que a erosão tende a ser um problema grave, pois gera perda de fertilidade do solo através do transporte de sedimentos deixando-o descoberto e com raízes expostas, prejudicando o cultivo.

A maioria dos olivais do mundo é cultivada em sequeiro, com densidades até 150 oliveiras por hectare e escassa mecanização, sendo estes os olivais mais antigos e nos quais se usam cultivares locais (Lucena & Mendez, 2017). As técnicas de cultivo são um fator de extrema importância para uma boa condução do olival. Entre estas técnicas estão a mobilização do solo, a utilização de herbicidas e a utilização de coberturas vegetais.

As plantas infestantes são um problema de grande dimensão no olival pois competem por água, aspecto limitante sobretudo em olivais de sequeiro, e nutrientes no período de desenvolvimento vegetativo. Segundo Reis (2014), atualmente, quase 80% dos olivais são conduzidos de forma tradicional onde o cultivo é extensivo, com menos aplicações de fertilizantes e com tratamentos sobretudo preventivos.

O crescimento populacional mundial tem forçado o aumento da produção de alimentos, por meio da abertura de novas fronteiras agrícolas e da intensificação do uso do solo, com a adoção de tecnologias como a utilização de fertilizantes, variedades melhoradas, plantios adensados, agroquímicos e plantas transgênicas (Oliveira & Brighenti, 2011).

A má gestão do solo é a principal causa de sua degradação. O aumento da população associado às necessidades crescentes da produção alimentar, as expectativas crescentes do nível de vida e a escassez dos recursos naturais fazem da degradação do solo – erosão, perda de nutrientes, compactação, salinização, redução da matéria orgânica - uma questão de extrema relevância, sendo muito importante a proteção do solo contra este tipo de processos (Martins & Fernandes, 2017).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é identificar como a oliveira responde às técnicas de cultivo estudadas, que são: a mobilização do solo, a utilização de herbicidas e a utilização de coberturas vegetais.

1.1.2 Objetivos específicos

Pretende-se avaliar as condições nutricionais da oliveira em cada modalidade afim de diagnosticar quais são as modalidades mais adequadas para uma gestão eficiente da superfície do solo e, em simultâneo, para um bom estado nutricional da oliveira para a região do experimento. Além disso, avaliar a produtividade em cada uma das técnicas de gestão do olival.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA OLIVEIRA

2.1.1 Dispersão da cultura no mundo

A oliveira (*Olea Europaea* L.) é uma das plantas mais antigas cultivadas pelo Homem que tem a sua origem perdida pelo tempo. Pertence à família *Oleaceae*, à subfamília oleóidas e apresenta espécies em várias regiões do mundo (Alba et al., 2013).

Na mitologia grega já se falava das oliveiras e no Egito foi encontrado a mais antiga referência registrada do século XVI (Teramoto et al., 2010). Historicamente, acredita-se que a oliveira é oriunda da Síria, do Líbano ou Israel, porém, há quem defenda que é originária da Ásia Menor e outros do Egito ou Etiópia (Bohm & Antunes, 2013).

Até onde se sabe, a oliveira é originária do Mediterrâneo, região onde a oliveira se encontra perfeitamente adaptada ao clima, região essa que é responsável por cerca de 95% da produção mundial de azeite (GPP, 2017). A planta disseminou-se pela bacia do Mediterrâneo, chegando a vários países da Europa e do Oriente Médio (EPAMIG. Boletim Técnico n. 88).

Nas Américas, o cultivo foi introduzido inicialmente no México, difundindo-se para os outros países como Estados Unidos, Peru, Chile e Argentina. No Brasil, primeiramente cultivou-se nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que compõem as regiões sul e sudeste (Coutinho et al., 2009). Além disso, também existem regiões que são capazes de cultivar oliveiras, como é o caso da Austrália e do Chile, com valores de produção ainda residuais.

Assim como acontece com a produção, o consumo também se encontra na sua maioria concentrado na região do Mediterrâneo. O azeite, que é utilizado na gastronomia desde a antiguidade, é tratado como um ingrediente obrigatório na dieta mediterrânica, colocando-o numa posição privilegiada em relação aos demais óleos e gorduras comestíveis (Bohm & Antunes, 2013).

Todavia, a cultura do consumo de azeite vem mudando nos últimos anos, processo esse que se deve grande parte devido a estudos desenvolvidos, que comprovam que há relação entre a dieta mediterrânica com a prevenção de doenças cardiovasculares. Devido a isso, outros países onde não havia o costume/tradição de

consumir azeite, atualmente têm se tornado importadores e consumidores desse produto. O Brasil, por exemplo, viu as importações de azeite passarem de 26 000 toneladas, em 2006, para 50 000 toneladas, em 2016, e o Japão, outro país que apresentou grande aumento das importações desse produto, passando de 30 000 toneladas em 2006 para 53 500 toneladas, em 2016 (COI, 2017).

Como já citado anteriormente, é na região do Mediterrâneo que se encontram os maiores produtores de azeite. Grande parte da produção mundial vem de países da União Europeia (UE), sendo os mais importantes: Espanha, Itália, Grécia e Portugal. Países como Turquia, Tunísia, Marrocos e Síria somam mais de 20% da produção mundial de azeite (COI, 2017).

Além destes países da região do Mediterrâneo, há outros países que tem participado e verificado a importância da produção dessa cultura, são eles: Chile e Austrália, os quais ainda com produções a nível mundial muito diminutas, são responsáveis respectivamente por 0,6% e 0,5% da produção. Segundo a COI (2017), na safra 2015/2016 a Austrália produziu cerca de 20.000 toneladas de azeite e o Chile 17 500 toneladas.

É notável o aumento das importações e de consumo de azeite de países como Estados Unidos, Brasil, Canadá, Japão, Rússia e Suíça. De acordo com o COI (2017), entre os anos 2007 e 2017, as importações e o consumo tiveram um aumento de em média 30% nestes países. Em particular, na Rússia, Japão e Brasil, esse aumento foi de 46%, 44% e 42%, respectivamente.

2.1.2 Produção da cultura na Europa

Os estados membros da União Europeia (UE) são os maiores produtores de azeite correspondendo a cerca de 75% da produção mundial, sendo Espanha, Itália e Grécia os maiores produtores (FAOSTAT, 2018). Nestes países encontram-se não só as árvores mais antigas, mas também as áreas mais extensas.

Tem sido graças aos investimentos e inovações aplicadas nos meios produtivos que vem sendo possível o aumento dos valores de produção, a expansão das áreas ocupadas com o olival e o aumento para novos máximos de produtividades, consolidando (mais ainda nos países europeus) os títulos de maiores produtores.

Os países citados acima como sendo os maiores produtores, são além disso os que mais exportam. Como fomento, a União Europeia tem procurado através da implementação de novas políticas esta orientação exportadora: de acordo com o site da

União Europeia “o principal objetivo da política da UE em matéria de azeite é manter e reforçar a sua posição nos mercados mundiais, incentivando a produção de um produto de alta qualidade em benefício dos produtores, dos processadores, dos comerciantes e dos consumidores”.

A Espanha lidera o ranking de países com maior produção de azeite a nível mundial e Portugal ocupa a 7ª posição (FAOSTAT, 2018). Portugal é o 4º maior produtor de azeite da União Europeia, que corresponde a uma produção de 74 051 toneladas de azeitona (FAOSTAT, 2018).

A olivicultura gera um volume de negócios a nível mundial de 13 milhões de euros, empregando mais de 35 milhões de pessoas e aproximadamente 7 milhões de famílias (Vilar et.al., 2019). Os países membros da União Europeia exportaram cerca de 1,6 milhões de toneladas de azeite no ano de 2018, correspondendo a aproximadamente 5,7 milhões de euros (EUROSTAT, 2018).

2.1.3 Olivicultura em Portugal

Pouco se sabe sobre o princípio do cultivo da oliveira em Portugal, mas ainda existem oliveiras milenares, o que comprova a grande longevidade da cultura, em muitos locais do sul e centro do país (Bohm & Antunes, 2013). Historicamente, a circulação do azeite em Portugal não se confinava ao mercado interno, sendo utilizado como moeda de troca no norte da Europa (Teramoto et al., 2010).

Em Portugal, a cultura da oliveira está concentrada em três regiões: Norte, Centro e Alentejo com áreas equivalentes a 22%, 23% e 53% do olival do país. No entanto, a região alentejana concentra 73% da produção com a maior média, chegando perto de 3 toneladas/ha, praticamente o dobro da produção média do norte do país (INE, 2018). Estes dados podem ser observados na **Figura 1**.

As razões relacionadas com esta diferença estarão relacionadas sobretudo com os solos delgados no Norte e mais profundos no Alentejo, e com a disponibilidade de água. Na região Norte os olivais são sobretudo de sequeiro e, no Alentejo, a disponibilidade de água permite maiores densidades de árvores por unidade de área o que resulta numa diferença significativa da produção.

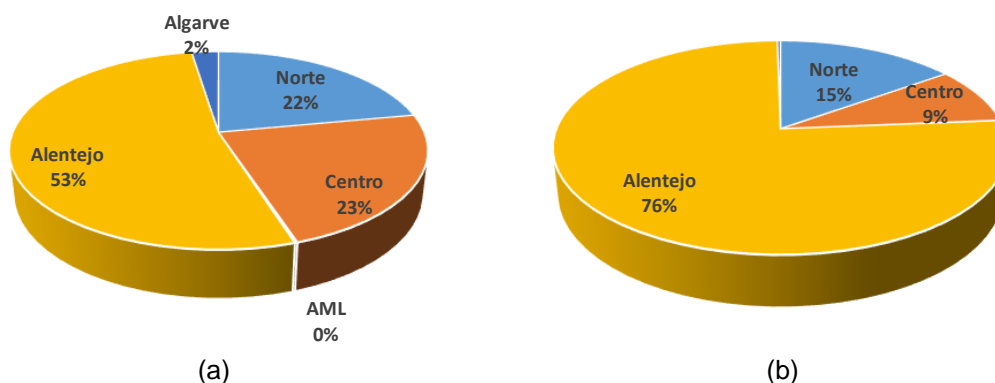


Figura 1: Distribuição da cultura da oliveira em Portugal por regiões em termos de área (a) e em termos de produção (b) (INE, 2018).

A flutuação da produção ao longo do tempo tem estado relacionada com as condições climáticas e o último ano agrícola (2017 – 2018) foi marcado por condições climatéricas desfavoráveis registradas ao longo do ciclo e atraso na maturação da azeitona (INE, 2019). Entretanto, segundo o mesmo Instituto, a produção de azeite em Portugal superou a faixa de 1 milhão de hectolitros pelo segundo ano consecutivo (**Figura 2**), o que demonstra um crescimento na importância da cultura ao longo dos anos.

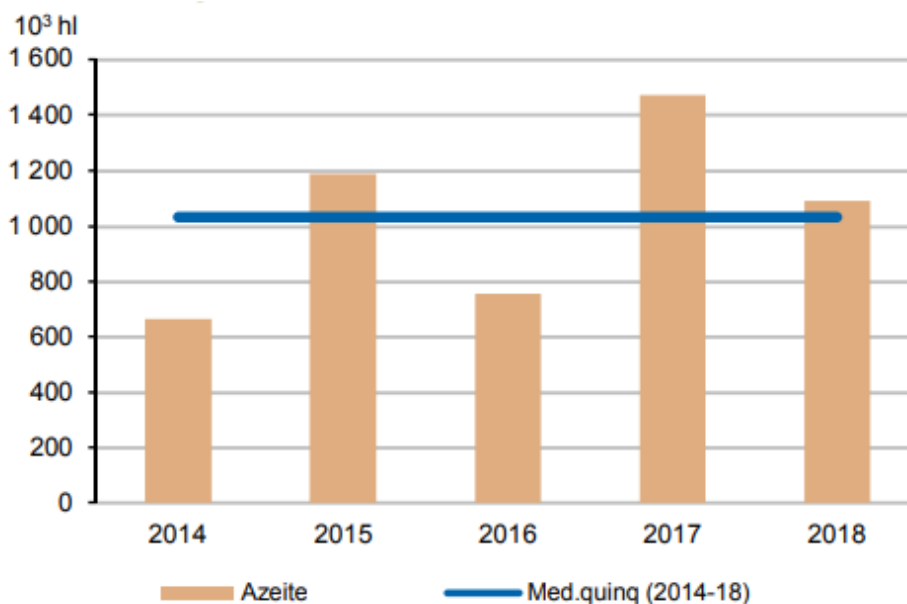


Figura 2: Evolução da produção de azeite em Portugal no quinquénio 2014-2018. Fonte: INE 2019.

A nível europeu, Portugal é o quarto maior produtor e, atualmente, o azeite representa um setor de grande importância para o setor agroalimentar português (FAOSTAT, 2018). Depois dos anos 60 o azeite passou a ser preterido em relação aos outros óleos alimentares impulsionando o setor e assistiu-se a uma duplicação da produção em consequência dos significativos ganhos de produtividade alcançados com a instalação dos novos olivais de regadio na região do Alentejo, pela melhoria das

tecnologias de produção e o aumento da capacidade de transformação e concentração das indústrias (Borges, 2018). Regiões do país foram beneficiadas com políticas de apoio ao investimento e à produção bastante favoráveis, por uma evolução positiva dos preços do azeite, pelo crescente reconhecimento nacional e internacional da qualidade do azeite português, pelo aumento dos consumos internos per capita e a duplicação das exportações e pela crescente importância econômica do setor (GPP, 2017).

A produção de azeite em Portugal chegou às 122 mil toneladas no ano de 2017, o que corresponde a 58,4% de aumento em relação a 2016 e o consumo pelos portugueses foi de 76 mil toneladas em 2017, correspondendo a um aumento de 17,5% em relação a 2016, o que acompanha o acréscimo na produção (INE, 2019). Na **Figura 3** percebe-se o aumento da produção de azeitona no país em relação à área disponível, (FAOSTAT, 2018).

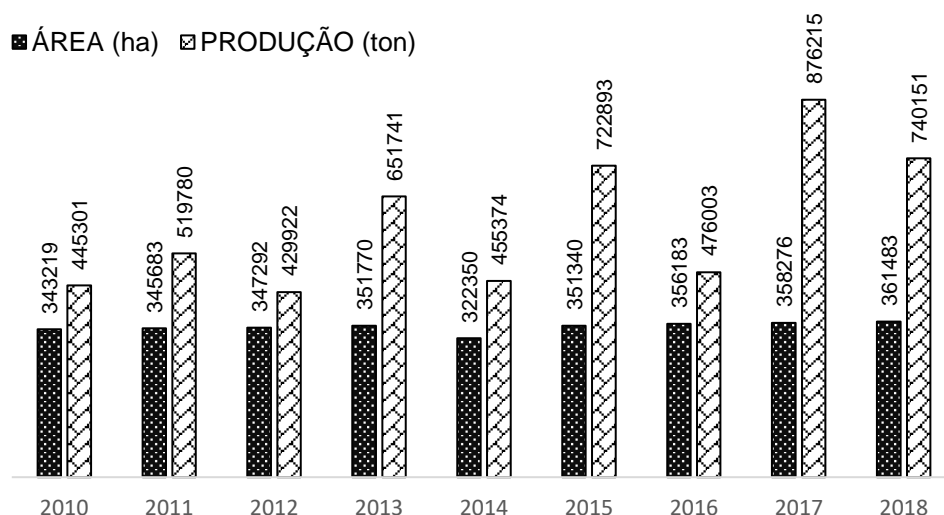


Figura 3: Produção (ton) de azeitona e área disponível (ha) em Portugal. Fonte: FAOSTAT, 2018.

Estima-se que na próxima década Portugal se torne o terceiro maior produtor de azeite do mundo a partir da perspectiva da evolução crescente no país, em particular, na região do Alentejo (Vilar et.al., 2019). A região do Alentejo é a maior região produtora a nível nacional, tendo destaque devido à elevada produtividade das explorações, que se dá pela modernização dos sistemas de produção proporcionando obtenção de azeite de alta qualidade (Vilar et.al., 2019).

De acordo com as últimas Estatísticas Agrícolas (INE, 2018), existem em Portugal cerca de 352 404 hectares de olival para produção de azeite. Cerca de 6% dessa área corresponde a olival em sistemas intensivo e super intensivo, localizados principalmente na zona do Alentejo (GPP, 2017).

No que diz respeito às exportações, Portugal tem vindo a consolidar o seu estatuto como um dos principais exportadores. Em 2018 as exportações de azeite ficaram em 56 mil toneladas, sendo este produto o responsável por 10% das exportações mundiais (EUROSTAT, 2018). Além da economia, é válido ressaltar a importância social da cultura, que contribui como fonte de emprego e renda às populações do interior, determinando a permanência e estabelecimento das populações no meio rural (Fernandes, 2014).

2.1.4 Olivicultura no Brasil

As áreas plantadas e a produção brasileiras são consideradas insignificantes quando comparadas com a produção nível mundial, ou seja, o Brasil tem uma produção baixa, muitas vezes por utilizar insumos inadequados ou ultrapassados (Saueressig, 2018). Entretanto, o cultivo interessa à indústria alimentícia brasileira devido ao grande potencial de agregação de valor, principalmente no sul do país onde existem cultivos em fase de produção (Coutinho et al., 2015)

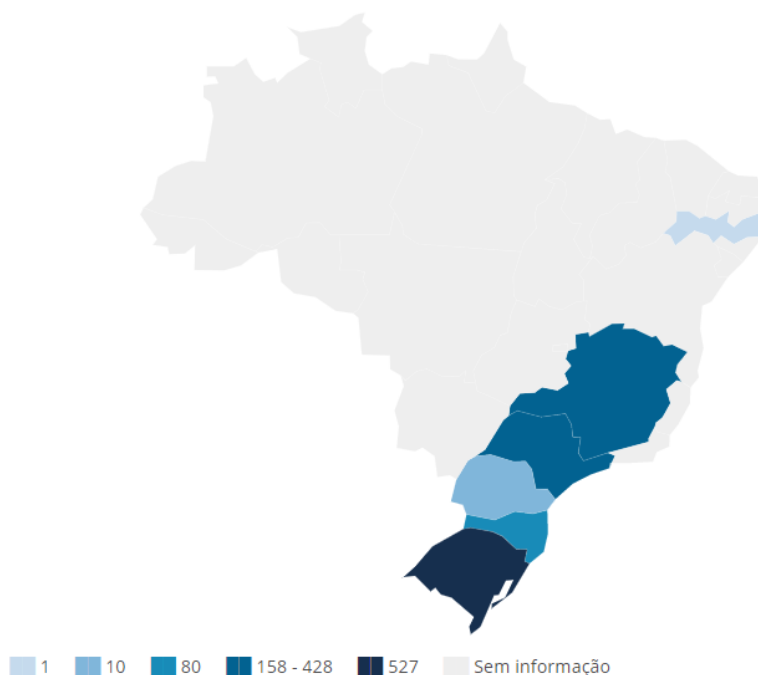


Figura 4: Cartograma- Quantidade (toneladas) de azeitona produzida no Brasil por Estado. Fonte: Censo Agro 2017- IBGE.

O Brasil possui olivais ainda muito novos numa área total de 1 116 hectares tendo sido produzidas 1 620 toneladas de azeitona na safra de 2018 (FAOSTAT, 2018) que corresponderam a 230 000 litros de azeite, sendo que cerca de 180 000 litros foram obtidos das plantações do Estado do Rio Grande do Sul (Ibraoliva, 2019). A Embrapa,

em seus centros de pesquisa, está permitindo que o Brasil se posicione como um produtor de azeite, porém, ainda é uma produção inconstante devido ao clima.

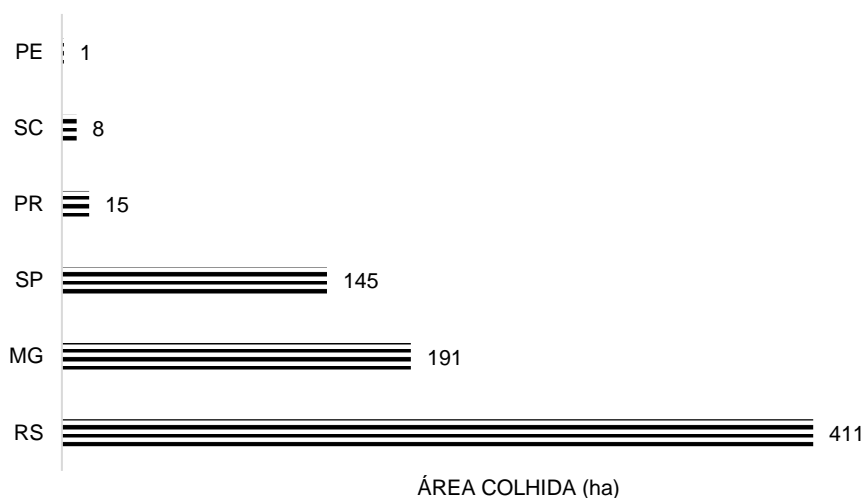


Figura 5: Área (em ha) de olival colhida no Brasil por Estado. (PE: Pernambuco; SC: Santa Catarina; PR: Paraná; SP: São Paulo; MG: Minas Gerais; RS: Rio Grande do Sul). Fonte: Censo Agro 2017- IBGE.

Fora da União Europeia, o Brasil ocupa um lugar de destaque como destino exportador: em 2014, cerca de 44% das exportações de azeite foram para este país, ou seja, cerca de 44 722 toneladas, com um valor de 165 mil euros, e em 2015, 32 778 toneladas com um valor de 140 mil euros (GPP, 2017). Na América do Sul, destacam-se o Chile e a Argentina como principais produtores e exportadores de azeitona e de azeite (EPAMIG. Boletim Técnico, 88).

2.2 PREFERÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICAS

A cultura da oliveira demonstra facilidade de adaptação à várias condições de solo e clima, apresentando boa adaptação em regiões com verões quentes e secos (Coutinho et al., 2007), como se mostra o clima do Mediterrâneo, local de sua origem. Portugal, Espanha e Itália, maiores produtores, possuem clima mediterrânico.

Esta cultura está presente nas regiões onde a temperatura média do mês mais quente está entre 22°C e 30°C e a temperatura do mês mais frio é superior a 4°C. No entanto, a oliveira suporta temperaturas superiores a 45°C (Barradas, 1998). No clima mediterrânico, durante o inverno, ocorre acúmulo de frio, que é indispensável para que a oliveira saia da dormência e atinja, posteriormente, florescimento uniforme.

De acordo com experiências de plantio nos países do Mediterrâneo, a temperatura adequada para que ocorra a frutificação efetiva normal, deve estar entre os 25°C e 35°C.

As plantas, contudo, são capazes de suportar altas temperaturas no verão, temperatura essa que chegam próximas aos 40°C, sem que os ramos e folhas sofram queimaduras. Porém, a atividade fotossintética passa a ser inibida quando a temperatura ultrapassa os 35°C (Coutinho et al., 2007).

Segundo Coutinho et al. (2009) a cultura necessita de temperaturas baixas para que ocorra a quebra de dormência e conseqüentemente a frutificação. São necessários em torno de 400-700 horas de frio para alcançar a diferenciação floral e posterior florescimento na primavera (Barradas, 1998).

Na dormência durante o inverno, a cultura chega a resistir a temperaturas próximo aos 0°C, porém temperaturas entre 0°C e -5°C provocam pequenas lesões em brotos e ramos novos. Caso a temperatura baixar entre -5°C e a -10°C, pode ocorrer a morte destes. E, se a temperatura baixar ainda mais, para até -10°C, podem ocorrer danos definitivos nos brotos e ramos. Abaixo de -10°C, a planta, como um todo, pode sofrer danos irreversíveis e morrer (Navarro; Parra, 2008).

Durante o período de crescimento e maturação do fruto, temperaturas inferiores a 0°C são prejudiciais, havendo uma quebra de produção, assim como uma diminuição da qualidade do azeite obtido (Saramago, 2009).

No que diz respeito à pluviosidade, as oliveiras se desenvolvem bem em regiões que recebem uma precipitação média entre 400 e 1000 mm.ano⁻¹, com chuvas, preferencialmente, regulares. Sendo considerado uma situação ótima de precipitação valores que ficam entre 500 e 800 mm por ano, porque se supõe que com esta precipitação o olival de sequeiro tem garantida as suas necessidades hídricas (Aranda et al., s/data).

Barradas (1998), fez considerações afirmando que precipitações superiores à 800 mm são desfavoráveis principalmente se ocorrerem durante a floração. Coutinho et al. (2009), por sua vez complementam que nessa fase a frequência de chuva deve ser bem menor para que o grão de pólen não seja lavado do estigma, o que reduziria a frutificação efetiva. Ainda, nas fases de pré-maturação e maturação dos frutos (final do verão e outono) as chuvas também não devem ser muito intensas, para que o fruto não fique excessivamente aguado, o que dificulta e encarece a extração do azeite, além de deixar a extração mais lenta.

Na primavera, quando a temperatura está em ascensão e supera 15-17°C, ocorre o desencadeamento do processo de florescimento, como resultado da saída da dormência (Coutinho et al., 2009). Existem etapas distintas desta fase: a de início,

florescimento pleno, polinização e frutificação efetiva (conhecida também como fruit set). Nesta importante fase de desenvolvimento da planta, a temperatura diária deve ficar em torno de 20°C, a fim de que todos os processos ocorram normalmente.

A umidade relativa deve ficar entre 60-80%. Caso contrário, a viabilidade do estigma pode ser comprometida, principalmente se a umidade ficar abaixo de 50%. Nesta situação, o estigma pode durar menos de três dias, tempo insuficiente para formar o tubo polínico e, assim, formar e fixar o fruto (Coutinho et al., 2009). Ainda, vale ressaltar que a umidade relativa do ar é muito importante na medida em que pode influenciar a ocorrência de condições propícias ao aparecimento na generalidade das doenças e condicionar o desenvolvimento das pragas, fatores importantes na qualidade das azeitonas e conseqüentemente do azeite (Saramago, 2009).

2.3 FERTILIDADE DO SOLO E ESTADO NUTRITIVO DAS ÁRVORES

2.3.1 Importância das análises de solo e de tecidos vegetais como técnica de diagnóstico de sua fertilidade

Previamente à realização de aplicações de fertilizantes e introdução de técnicas de manejo, deve-se realizar o diagnóstico nutricional do olival. Para obtenção de produtividades significativas na produção de oliveira é muito importante realizar análises de solo, principalmente antes da instalação do pomar. Esta é uma ferramenta fundamental para avaliar a reação do solo (ácida, neutra ou alcalina), a sua capacidade de retenção e liberação de elementos (capacidade de troca de cátions e de ânions) e a disponibilidade de nutrientes.

A partir disso, consegue-se definir o produto e as doses em que deve ser aplicado ao solo para obter a produtividade esperada para as condições ecológicas prevalecentes. Após a instalação do olival, o acompanhamento do estado nutricional das oliveiras deve ser feito a partir da interpretação da análise química do solo e do tecido vegetal.

De modo a fazer uma gestão correta desta fertilidade, é essencial a elaboração de um plano de fertilização baseado no conhecimento do olival em cada situação (análises de solo e folhas, histórico de fertilização, topografia do terreno, dentre outros fatores). Deste plano devem constar não só os fertilizantes para aplicar, mas também as medidas para o controle da erosão, o tipo de mobilização e a gestão de água no solo (Alcobia & Ribeiro, 2001).

É importante lembrar que um solo fértil é aquele capaz de fornecer à planta os nutrientes em quantidades e proporções adequadas ao seu bom crescimento e desenvolvimento em consonância com o clima, ou seja, o solo serve de suporte às plantas terrestres que nele desenvolvem as suas raízes, e dele obtêm grande parte dos elementos nutritivos que necessitam (Alcobia & Ribeiro, 2001). Em resumo, para melhorar a fertilidade do solo, parte-se de um plano de fertilização baseado no conhecimento do olival e que assenta em quatro grandes grupos de ações: controle da erosão, gestão correta da água e do solo, mobilizações e aplicação de fertilizantes.

O processo de análise de solo começa com o recolhimento de amostras de uma determinada área homogênea que represente toda a parcela no que diz respeito à topografia, aspecto do solo, tamanho de árvores e desenvolvimento da vegetação herbácea (Jones, 2012). Posterior à coleta, as amostras devem ser identificadas e direcionadas ao laboratório de análise de solo para que com os resultados obtidos, seja feita a interpretação das quantidades presentes dos nutrientes, bem como a necessidade ou não de cada um ser incorporado ao solo, a partir do conhecimento das necessidades da cultura.

Na coleta das amostras devem ser consideradas as distâncias entre os pontos de amostragem das árvores e a profundidade. Em olivais onde se realiza fertilização debaixo da copa, a fertilidade do solo é completamente distinta sob a copa e na entrelinha, devendo ser coletadas sob a área de influência da copa (Arrobas & Pereira, 2009). Arrobas e Pereira (2009) referem ainda que, em olivais em que a fertilização é realizada através de distribuidores centrífugos de adubos por todo o terreno, as amostras podem ser colhidas no limite exterior de projeção da copa e a profundidade de coleta deve estar relacionada com a profundidade ocupada pela maior densidade radicular, normalmente de 0 a 30 ou 40 cm.

A análise foliar é de grande importância para detectar desordens nutricionais nas plantas que devem ser confirmadas com a análise de solos e da água de irrigação (Nicolodi & Gianello, 2017) no caso das culturas irrigadas. Na oliveira esta análise consiste na determinação laboratorial da composição mineral das folhas, e isto permite diagnosticar o estado nutricional atual das árvores, a existência ou não de desequilíbrio nutricionais (Arrobas & Pereira, 2009).

A análise de tecidos vegetais é um método de diagnóstico conceituado. Em geral, aceita-se que a concentração do nutriente na planta ou no tecido integra todos os fatores que colaboram para o crescimento das plantas (Rodrigues & Arrobas, 2018). A composição mineral dos tecidos pode depender da disponibilidade de nutrientes no solo,

da idade da planta e dos tecidos amostrados e das condições ambientais prevalentes, sendo que na oliveira ainda exerce influência a poda e os ciclos de safra e contra safra da produção (Arrobas & Pereira, 2009).

Os princípios relacionados às análises realizadas na oliveira seguem os de todas as culturas, ou seja, ao identificar níveis baixos de nutrientes considerados essenciais, faz-se a sua aplicação na forma de fertilizantes. Todavia, nem sempre as análises de solos mostram a real disponibilidade de nutrientes. Um solo pode ser bem provido em potássio e manifestar deficiências nas folhas porque o solo não tinha água suficiente que permitisse o deslocamento do nutriente até as raízes. Por isso as análises foliares são importantes. Por outro lado, embora a análise ao endurecimento do caroço seja importante, nem sempre os laboratórios têm os resultados disponíveis em tempo útil para se fazer a correção no próprio ano. Por isso a análise foliar no repouso vegetativo pode tomar particular importância para se tomarem decisões mais cedo. No entanto os níveis nos nutrientes podem ser diferentes e devem ser interpretados tendo por base a data de colheita das amostras.

Na **Tabela 1** estão representados os valores de referência à concentração de nutrientes nas folhas de oliveira. É importante lembrar que as concentrações podem sofrer ligeira diferença para folhas amostradas no inverno ou no verão, pois para a cultura da oliveira estão padronizadas duas épocas de colheita de material: repouso vegetativo, após a colheita (janeiro/fevereiro); e ao endurecimento do caroço (julho) (Arrobas & Pereira, 2009). De acordo com Arrobas e Pereira (2009), as amostragens de verão podem ser de maior frequência de divulgação pois são realizadas na fase ativa do desenvolvimento das árvores. Entretanto, em olivais em que há aplicação de fertilizantes ao solo, pode ser mais útil o diagnóstico de Inverno para que, posteriormente, se apliquem os fertilizantes. Além disso, no mês de julho a produção anual está praticamente definida, ou seja, não restarão muitas alternativas de correção nesta época, sendo possível apenas a realização de adubação foliar, deixando o custo mais elevado.

Tabela 1: Concentrações de nutrientes nas folhas das oliveiras (LQARS, 2006)

Elemento	Concentrações adequadas	
	Endurecimento do caroço	Repouso invernal
Nitrogênio (%)	1,5 – 2,0	1,6 – 2,1
Fósforo (%)	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
Potássio (%)	0,8 – 1,2	0,6 – 0,9
Cálcio (%)	0,7 – 2,0	1,0 – 2,5
Magnésio (%)	0,08 – 0,3	0,1 – 0,3
Ferro (mg kg ⁻¹)	superior a 40	superior a 40
Manganês (mg.kg ⁻¹)	20 – 80	20 – 80
Zinco (mg.kg ⁻¹)	12 – 35	12 – 35
Cobre (mg.kg ⁻¹)	5 – 20	5 – 20
Boro (mg.kg ⁻¹)	19 – 50	15 – 50

Do ponto de vista técnico, a localização da aplicação dos fertilizantes pode aumentar a eficiência de uso dos nutrientes, sobretudo em olivais não regados. No caso dos elementos mais móveis como nitrogênio e boro, a eficiência aumenta devido à localização dos nutrientes numa zona de maior densidade radicular, o que aumenta a oportunidade de serem absorvidos. No caso dos elementos menos móveis no solo como o fósforo, a localização pode melhorar a eficiência de uso do nutriente através da saturação dos mecanismos de imobilização do nutriente, devido ao aumento da quantidade de fertilizante aplicado na unidade de área (Arrobas & Pereira, 2009).

De qualquer forma os aspectos técnicos da aplicação dos fertilizantes em olival estão pouco estudados. A partir da informação disponível recomenda-se que sempre que se faça aplicação manual se distribuam os adubos de forma homogênea na zona de projeção da copa. Deve evitar-se a aplicação muito concentrada junto ao tronco. Nesta zona há poucas raízes finas, ativas, sendo baixa a oportunidade de absorção radicular. Por outro lado, o aumento da concentração dos adubos no local de aplicação pode causar fitotoxicidade. Com o boro deverá seguir-se a mesma regra, isto é, deve ser aplicado homogeneamente em toda a zona de projeção da copa (Arrobas & Pereira, 2009).

2.3.2 Nutrição da oliveira: importância dos diferentes nutrientes no desenvolvimento da cultura

Os elementos essenciais para o desenvolvimento das culturas estão divididos entre macronutrientes (carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (boro, ferro, zinco, manganês, cobre, cloro

e molibdênio). Se houver ausência de qualquer um destes, a planta sofre dificuldade para completar seu ciclo biológico. Por conta disso, é cada vez mais frequente a aplicação de nutrientes na agricultura, em forma de fertilizantes, com exceção dos nutrientes carbono, oxigênio e hidrogênio pois as culturas obtêm estes elementos a partir do ar e da água.

Em Trás-os-Montes, segundo Arrobas & Pereira (2009), nitrogênio, fósforo, potássio, boro e ainda cálcio e magnésio, são os nutrientes em que se recomenda com mais frequência a aplicação em fertilizantes devido à limitação natural destes elementos no solo e/ou a exportação significativa destes elementos pela cultura. No Brasil também o boro tem sido identificado como um micronutriente que é necessário aplicar frequentemente (Embrapa, 2009) A quantidade a ser aplicada, como em qualquer cultura, varia de olival para olival conforme a necessidade individual.

Dos nutrientes essenciais, o nitrogênio costuma ser absorvido em grandes quantidades, sendo o elemento que mais limita a produção das culturas e o crescimento da planta (Santos, 2015). A aplicação de nitrogênio no solo pode ser via adubo mineral nitrogenado ou adubo orgânico. Na planta, o nitrogênio integra a molécula de clorofila que é responsável por converter a energia solar em energia química através da fotossíntese, além de compor aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (Rodrigues & Arrobas, 2018).

O fósforo, por sua vez, tem grande importância no armazenamento e transferência de energia para as células, ou seja, fundamental nos processos que requerem energia por pertencer à molécula de ATP. A disponibilidade de fósforo promove o desenvolvimento de todo o sistema de raízes da planta (Santos, 2015), importante para a adaptação de culturas em regime de sequeiro (Rodrigues & Arrobas, 2018) como é o caso de grande parte dos olivais portugueses. É um elemento importante para a nutrição de plantas e muitas vezes é necessário aplicar ao solo na forma de fertilizante (Arrobas & Coutinho, 2001).

O potássio é o nutriente responsável pelo estado hídrico das oliveiras. Está associado à abertura e fechamento dos estômatos, que permite a atividade fotossintética e a entrada de CO₂ na planta (Kerbauy & Furlani, 2004). É importante ressaltar que plantas bem supridas em potássio são mais tolerantes ao estresse hídrico (Santos, 2015). Além disso, está associado ao transporte de produtos da fotossíntese na planta, sendo fundamental ao engrossamento dos frutos (Rodrigues & Arrobas, 2018). Atua nos processos osmóticos, síntese de proteínas e manutenção da sua estabilidade, permeabilidade da membrana, controle do pH e abertura e fechamento dos

estômatos (Mendes et al., 2010). O potássio na solução do solo aparece na forma iônica, K^+ , forma que é absorvida pelas raízes das plantas (Santos, 2015). Os estômatos 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 estresse, causado por falta de água prolongada (Fillipini, 2014).

O boro é um elemento que está ligado a diversos processos fisiológicos, incluindo a floração e frutificação das plantas. A falta deste elemento nutriente está generalizada na bacia mediterrânica e, em Trás-os-Montes, junto com o nitrogênio, é um nutriente a ser incluído nos programas de fertilização (Arrobas & Pereira, 2009).

O cálcio também costuma ser absorvido em quantidades elevadas e, devido à característica ácida dos solos portugueses, pode ser necessário a correção com a utilização de calcário (Arrobas & Pereira, 2009). Quase todo o cálcio da planta fica situado na parede celular, o que constrói uma espécie de barreira contra o ataque de patógenos, e é indispensável na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Mendes et al., 2010).

O magnésio está relacionado com a formação da clorofila (Santos, 2015). É o átomo central da molécula de clorofila e por isso está envolvido no processo de fotossíntese, na síntese de amido, proteínas, gorduras e vitaminas, além da regulação do pH e turgescência das células (Mendes et al., 2010).

A fertilização do olival é uma prática cultural obrigatória que deve ser realizada anualmente pois o solo está sujeito a perdas regulares de nutrientes que são exportados na azeitona e na lenha de poda (Arrobas & Pereira, 2009). Segundo De acordo com Arrobas e Pereira (2009), não existem fertilizantes específicos para a oliveira e a quantidade de nutrientes a repor através destes varia conforme a idade do pomar e, em olivais adultos, da quantidade de azeitona produzida. Além de que, em anos de safra, quando há elevada produção, a exportação de nutrientes aumenta, sendo necessário reequilibrar o estado nutritivo das árvores.

A adubação foliar é de importância significativa em olivais de regadio onde o potencial de produção de azeitona é elevado e a justificativa acaba por ser a alta carga de frutos que esgotam as reservas da planta. Entretanto, em olivais de sequeiro onde a produção é menor, o preço dos fertilizantes torna-se muito alto para o potencial de produção (Arrobas & Pereira, 2009).

2.4 GESTÃO DO SOLO

Atualmente, devido à intensificação da produção de azeitonas, observa-se a conversão de olivais tradicionais a olivais intensivos e super intensivos (Fernandes, 2014). Com isso, existe a necessidade de adaptar as práticas de gestão do solo visando a preservação do ecossistema como um todo. Em Portugal, os olivais tradicionais de sequeiro estão instalados há muitos anos, e os novos olivais intensivos, de grande dimensão e irrigados, são conduzidos sob uma tecnologia mais moderna e tem capacidade para altas produtividades por superfície e participação na competição do mercado global (Reis, 2014).

Segundo estudo feito por Reis (2014), atualmente, cerca de 80% dos olivais são conduzidos sob a forma tradicional, e dentre eles, 46% com densidade de plantas de até 100 oliveiras/ha e 33% com uma densidade de 101 e 300 oliveiras/ha. Os olivais neste formato de condução o cultivo é extensivo, com menos aplicações de fertilizantes e os tratamentos realizados são, em sua maioria, apenas preventivos, com cobre e inseticida. O olival intensivo concentra-se no Alentejo, sobretudo nos concelhos de Ferreira do Alentejo, Beja, Serpa, Moura, Avis, Vidigueira e Aljustrel.

Devido a grande parte dos produtores não ter aderido à produção integrada do olival, o principal método de controle das plantas daninhas é o mecânico, através do uso de gradagem. Os olivais que aplicam herbicidas na totalidade da parcela apresentam fragilidade socioecológica pois oscilam entre o abandono e as práticas culturais menos sustentáveis (aplicação de químicos sem análise de solo, fitofarmacêuticos preventivos) (Reis, 2014).

Apesar da fruticultura atual ter quase que abandonado as práticas de mobilização do solo, este ainda é o método de gestão do solo mais generalizado entre os pequenos produtores do olival tradicional da bacia mediterrânica (Rodrigues & Cabanas, 2009). O grande desafio, não só para os olivais portugueses, mas, a nível mundial, consiste em implementar práticas culturais que, ao passo que são eficientes para a produção, conservam o meio ambiente e os serviços do ecossistema como um todo, conscientizando todos os produtores, mesmo os de pouco estudo, desta importância.

2.4.1 Mobilização tradicional do Solo

A prática de mobilizar o solo, apesar de ter sido considerada por muitos anos sinônimo de boa prática agrícola, é atualmente considerada uma prática ancestral que visa a destruição de plantas infestantes que competem com a oliveira por água e nutrientes (Rodrigues & Cabanas, 2009). As mobilizações consistem em realizar de uma

a três vezes a passagem do escarificador no olival (Rodrigues & Arrobas, 2018), e visa preparar a camada superficial para as sementeiras e remover as infestantes da camada superficial (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Em Portugal, principalmente nas produções agrícolas marginais, como por exemplo os amendoais tradicionais, as mobilizações de solo são o método mais generalizado de combate às infestantes, onde os produtores mobilizam o solo de duas a quatro vezes por ano (Arquero & Serrano, 2013). Em olival tradicional conduzido em sequeiro, o solo é mobilizado visando a destruição das infestantes que competem por recursos importantes com as oliveiras, sendo que, durante muitos anos, a mobilização com tração animal por exemplo, foi a única maneira disponível para manter os pomares livres de infestantes (Rodrigues & Cabanas, 2009). A mobilização do solo gera um incremento de atividade microbiana fornecendo oxigênio, ou seja, quando são realizadas com frequência, destroem ainda mais os agregados e favorecem a mineralização da matéria orgânica.

A realização de mobilizações na primavera ocasiona a destruição e perda do sistema radicular superficial onde se concentra a alimentação da árvore. Após o repouso vegetativo de inverno, a planta intensifica a atividade metabólica devido ao aumento da temperatura e origina novos ramos, desenvolvendo intensidade na floração e necessitando de mais água e nutrientes (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Considera-se que mobilizar o solo gera uma descontinuidade no fluxo ascendente de água, impedindo o transporte por capilaridade das camadas inferiores para as superiores em desidratação, ou seja, é de extrema relevância em olivais de sequeiro onde o principal fator limitante da produtividade é a disponibilidade de água. Entretanto, caso haja alguma umidade na camada superficial, esta será rapidamente consumida pelo processo de arejamento do solo (Rodrigues & Arrobas, 2017).

A escarificação também pode ser utilizada para preparação do solo e, atualmente, nos olivais de sequeiro, para a manutenção do solo (Rodrigues & Cabanas, 2009). É importante ressaltar que em parcelas onde o declive é acentuado e promove erosão, pode ocorrer uma redução da matéria orgânica do solo, causando efeitos severos no sistema radicular, que ocasiona redução energética e perda de raízes das plantas quando a prática de escarificação é realizada (Rodrigues & Arrobas, 2018).

A perda de solo por erosão é um dos principais problemas ambientais do Mediterrâneo acentuado pela escarificação. Esta perda de solo afeta a fertilidade do solo e, ainda, contaminar os cursos de água pelo arrasto de sedimentos (Rodrigues & Cabanas, 2009). Grande parte dos olivais de Trás-os-Montes situam-se em áreas de

risco potencial de erosão, por isso é muito importante aplicar técnicas de conservação do solo que evitem ainda mais a perda desse recurso (Fonseca et al., 2012).

Quando há pouca precipitação, os solos mobilizados tendem a ter uma boa absorção de água. Entretanto, os problemas acontecem quando as chuvas são muito intensas e formam-se poças que cedem e liberam água, tornando o solo pobre em nutrientes (Rodrigues & Cabanas, 2009). Os solos mobilizados tornam-se mais vulneráveis à erosão hídrica e o teor de matéria orgânica decresce devido ao arejamento excessivo do solo (Pastor et al., 2001).

2.4.2 Uso de herbicidas

A utilização de herbicidas tem permitido o aumento da produtividade das oliveiras devido ao seu potencial de diminuir a competição das plantas infestantes (Rodrigues et al., 2010). Um controle satisfatório da vegetação à superfície do solo utilizando herbicidas ocorre quando estes são utilizados de forma correta, ou seja, quando o produto ideal é aplicado na vegetação nas épocas e quantidades adequadas. Assim, é possível controlar a vegetação que compete com a árvore e mantém-se o solo protegido da erosão durante o inverno (Rodrigues & Arrobas, 2018).

O aparecimento de herbicidas ocasionou a gestão de plantas de cobertura que infestam as áreas de produção, ou seja, são utilizados principalmente com o objetivo de combater essas vegetações e também em alternativa às mobilizações nos olivais (Rodrigues & Cabanas, 2009). Ainda, uma das práticas mais eficientes no uso de herbicidas, é a utilização de herbicidas pós-emergentes no início da primavera. Com isso, controla-se a vegetação em fase competitiva com as oliveiras, permitindo ainda uma cobertura eficaz no inverno (Rodrigues & Arrobas, 2018).

Os herbicidas são classificados de acordo com o seu mecanismo de ação e por grupos químicos. Eles possuem locais específicos para agir, denominados "sítios de ação" aos quais se ligam inibindo funções vitais na planta. Para ser eficaz, o herbicida aplicado às folhas deve ser retido pela folhagem, penetrar na cutícula, mover-se nos espaços com água ao redor da célula, entrar na célula pela membrana celular, atingir o local de ação e ligar-se à enzima alvo (Roman et al., 2005)

O solo é o destino final dos produtos químicos utilizados na agricultura, sejam eles aplicados diretamente ao solo ou à parte aérea das plantas e, quando em contato com o solo, os herbicidas estão sujeitos a processos físico-químicos que regulam seu destino no ambiente (Oliveira & Brighenti, 2011).

Estes processos estão ligados associados às atividades de nível residual, podem requerer incorporação para reduzir volatilização, são decompostos por microrganismos do solo e afetados por condições de umidade e temperatura. Essas interações variam muito conforme as características do herbicida e do solo (textura, pH, matéria orgânica e umidade) (Roman et al., 2005).

Segundo Roman et al. (2005), os efeitos dos herbicidas no ambiente são diversos. O contato do herbicida com o solo expõe a molécula a um ambiente capaz de alterá-la quimicamente e uma série de reações pode ocorrer. A ação de microrganismos nas moléculas herbicidas pode eliminar seu efeito residual. A volatilização é a perda do herbicida para a atmosfera na forma de gás e isso acontece se não houver incorporação do herbicida no solo seja através de equipamentos ou da chuva. O tipo de solo também influencia, portanto, solos com teores elevados de matéria orgânica tem alta capacidade adsorviva, sendo necessário maiores quantidades de produto.

Quando aplicados de maneira errada, seja nos cuidados com os equipamentos utilizados ou nas doses geridas, ocasionam algumas desvantagens que são observadas com a reversão da flora adventícia, ou seja, espécies tolerantes passam a dominar os cobertos vegetais, reduzindo a eficácia dos tratamentos posteriores (Rodrigues & Arrobas, 2018).

2.4.3 Utilização de coberturas vegetais

Em olivais, as plantas de cobertura podem ser de natureza variada, podendo ser vegetação natural, que consiste na gestão da vegetação espontânea que surge no pomar, ou semeada. A escolha da cobertura vegetal depende dos fatores ecológicos (clima e solo) e culturais (sequeiro, regadio) em que o olival está inserido (Rodrigues & Arrobas, 2017).

As plantas de ciclo curto costumam apresentar resultados interessantes entre a quantidade de nitrogênio fixado e a necessidade de minimizar o consumo de água (Rodrigues et al., 2010). Solos de olival com cobertura vegetal geram o estabelecimento dos sistemas radiculares e a proteção contra a erosão- principal problema ambiental da agricultura mediterrânica, servindo como fonte de carbono no solo através das raízes e da decomposição dos tecidos mortos das infestantes (Rodrigues & Correia, 2009).

De forma geral, as coberturas vegetais naturais, além de não terem custos de instalação, cumprem com o requisito de proteção do solo contra a erosão devido à diversidade de espécies que acabam por manter o solo coberto durante o ano inteiro, normalmente com vegetação verde do outono à primavera, e vegetação seca no período

estival (Rodrigues & Arrobas, 2017). Por outro lado, segundo os mesmos autores, esta vegetação é muito competitiva devido à alta biodiversidade de espécies que contém e o risco de perda de produção é elevado nos olivais de sequeiro, devendo ser gerida com herbicidas para um controle mais eficaz.

No Norte de Portugal, onde os olivais são, em sua maioria, em sequeiro, a melhor alternativa é semear leguminosas anuais de ciclo curto, pois estas protegem o solo da erosão e melhoram a fertilidade, sobretudo elevando os níveis de nitrogênio (Rodrigues & Arrobas, 2018). Utilizar coberturas vegetais nos olivais consiste em substituir a vegetação natural por plantas que contribuam para o desenvolvimento do pomar (Rodrigues & Arrobas, 2018).

É importante levar em conta que na gestão de espécies pratenses deve-se considerar a possibilidade de haver cobertura vegetal somente até que haja necessidade pelas oliveiras, ou seja, não pode haver competição entre a cultura principal e as plantas de cobertura. Isso pode ocorrer quando o ciclo das espécies de cobertura não terminarem cedo, ou então, caso não haja pastoreio ou corte destas. As plantas irão consumir água e nutrientes que deveriam ser destinados para a oliveira e isso irá gerar uma baixa produção. Entretanto, nos casos em que não há limitação de água, esta diferença de ciclos não é mais um fator limitante.

Apesar das plantas não competirem por água, são relativamente caras e exigem conhecimento técnico para serem implementadas no pomar (Rodrigues & Arrobas, 2018). Em olivais de regadio, a manutenção do solo utilizando coberturas vegetais não é considerada um método de tanta relevância pois deverá aceitar-se alguma tolerância com a vegetação herbácea, que com a rega localizada, ocorre uma minimização da competição desta por água e nutrientes (Arrobas et al., 2011).

A gestão de coberturas com pastoreio, por sua vez, é um método de eficiência sustentável no olival porque os produtos do rebanho podem compensar eventuais perdas devido à quebra de produção das azeitonas. Além disso, geram alguma economia com fertilizantes devido à produção de estrumes e dejetos que acabam dispersos pelo olival. Todavia, o número de produtores que lidam sob este sistema ainda é muito pequeno e os rebanhos existentes comparativamente às áreas de olival do país, são insignificantes (Rodrigues & Cabanas, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi instalado em um olival de sequeiro (Pinheiro Manso), localizado no distrito de Bragança, Nordeste de Portugal (41° 48' N; 6° 44' W). Este olival possui uma densidade de cerca de 200 árvores/ha da variedade Cobrançosa com aproximadamente 70 anos de idade e o espaçamento entre árvores foi de 7 x 7 m. As características do solo da localidade é de Leptosolo com pH próximo da neutralidade e declive próximo dos 2%.

De acordo com a classificação de *Köppen-Geiger*, a região está sob influência de um clima Temperado ou Mesotérmico do tipo C, pertencendo ao subtipo Csb, clima temperado úmido com verão seco e temperado. A temperatura média anual é superior a 10 °C e inferior ou igual a 12,5 °C A precipitação acumulada entre 600 a 800 mm determinam a sua inclusão na designação local de “Terra Fria de Planalto”. (Agroconsultores & Coba, 1991).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos deste trabalho foram, talhão gerido com um herbicida à base de glifosato (H), talhão mobilizado (M) e talhão com coberto vegetal (C). Estes tratamentos vigoram no solo desde 2012. Para o trabalho foram selecionadas 10 árvores em cada tratamento com base na aparente homogeneidade da copa.

As fertilizações realizadas durante o período experimental foram: utilização de adubo composto 10:10:10 aplicado à razão de 1,5 kg/árvore e boro anualmente à razão de 7,7 g/árvore. As árvores têm sido podadas anualmente uma poda ligeira, removendo-se 15 a 20% da biomassa aérea da planta.

No presente trabalho estão apresentados resultados de novembro de 2019 a julho de 2020 relativo ao efeito dos tratamentos na produção, no estado nutritivo das árvores e nas características do solo. Deve-se levar em conta que os efeitos dos tratamentos neste trabalho são cumulativos.

4 ANÁLISES LABORATORIAIS

4.3 COLHEITA E ANÁLISES DE SOLO

A colheita das amostras de solo foi realizada em junho de 2020 em três profundidades distintas, 0-10, 10-20 e 20-30 cm, debaixo e fora da copa e em todos os

tratamentos com três repetições, totalizando 54 amostras que foram alocadas em sacos plásticos devidamente identificados.

As amostras recolhidas foram secas numa estufa de ventilação forçada a 45°C, durante 48 horas. Posteriormente foram crivadas com auxílio de um crivo de malha de 2 mm, sendo as determinações analíticas efetuadas na fração terra fina (< 2 mm). As determinações decorreram no laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança. As análises laboratoriais efetuadas nas amostras de solos foram pH, carbono orgânico, fósforo e potássio extraíveis, capacidade de troca catiônica, acidez de troca, e boro extraível com água fervente.

A seguir descrevem-se brevemente os procedimentos analíticos efetuados na fração terra fina para a determinação dos elementos no solo:

Matéria orgânica

A matéria orgânica foi determinada pelo método *Walkley-Black*.

O método consiste em uma oxidação crômica ácida da amostra de solo para avaliação do carbono facilmente oxidável. A mistura da amostra com dicromato de potássio e ácido sulfúrico atinge uma temperatura de aproximadamente 120°C que é suficiente para oxidar formas de carbono orgânico facilmente oxidável num período de 30 minutos (Schulte, 1980). O excesso de dicromato é posteriormente titulado com uma solução padronizada de sulfato de ferro amoniacal.

pH em água

O pH foi determinado em suspensões solo:solução de água de 1:2,5. Agitou-se por 2 horas e utilizou-se um potenciômetro na leitura (Van Reeuwijk, 2002).

pH em cloreto de potássio

Preparou-se uma amostra com proporção entre solo e solução de 1M KCl de 1 para 2,5. Agitou-se por 2 horas e utilizou-se o equipamento potenciômetro para leitura (Van Reeuwijk, 2002).

Quantificação de fósforo e potássio

Fósforo e potássio oxidáveis foram extraídos de acordo com o método de Egner-Riehm.

Este método consiste na adição de uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH 3,5 aplicada a uma porção de solo na proporção solo:solução de 1:20, durante duas horas (MAP, 1977).

Após filtração, o fósforo foi determinado por espectrofotometria UV/VIS no comprimento de onda 882 nm, após desenvolvimento de cor pelo método do ácido ascórbico. O equipamento utilizado foi um espectrofotómetro *UV/VIS T80 PG Instrument Lda*. Este método consiste na formação de um complexo azul de molibdénio tendo o ácido ascórbico como agente redutor (Van Reeuwijk, 2002).

O potássio foi quantificado por fotometria de chama (MAP, 1977) num equipamento Jenway. A concentração destes elementos foi expressa nas formas de P_2O_5 e K_2O .

Capacidade de troca

A capacidade de troca catiônica foi obtida através do somatório dos cátions designados de bases de troca (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) e acidez de troca (Al^{3+} e H^+).

Para a determinação das bases de troca, uma amostra de solo de 2,5 g é percolada com uma solução de acetato de amónio tamponizada a pH 7 (50 ml) e os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ determinados no extrato filtrado, por espectrofotometria de absorção atómica (Jones, 2001) num equipamento PYE Unicam PU 9100X.

Para a determinação da acidez de troca uma amostra de solo de 10 g é colocada em contato com uma solução de KCl 1M (100 ml) e agitada durante 30 minutos. Depois de filtrada a suspensão faz-se uma titulação com NaOH 0,1 M usando a fenolftaleína como indicador (Sims, 1996).

O boro foi determinado em uma extração com água fervente. À uma alíquota de extrato é adicionada uma solução de desenvolvimento de cor à base de azometina-H. A cor desenvolvida em função da concentração em boro é depois determinada num espectrofotómetro UV/VIS a 430 nm (Jones, 2001).

4.4 COLHEITA E ANÁLISES DE TECIDOS VEGETAIS

Realizou-se a colheita de folhas e frutos de 10 árvores de cada tratamento no mês de novembro de 2019. No caso dos frutos foram recolhidos 10 de cada árvore. As folhas foram colhidas no repouso vegetativo (fevereiro de 2020). Foram selecionadas 10 folhas jovens do terço médio dos ramos do ano em todos os quadrantes da copa em cada uma das 10 árvores selecionadas.

As amostras de folhas e frutos recolhidas do campo foram identificadas e colocados em sacos plásticos. Posteriormente foram colocadas em uma estufa ventilada a 65°C para a secagem. Após a secagem foram moídas utilizando um moinho Cyclotec da marca Foss com um crivo de 1 mm de malha. Os frutos foram

descaroçados, separando a polpa do caroço, pesadas as frações, secas e novamente pesadas e triturados para posterior análise elementar.

A seguir descrevem-se brevemente os procedimentos efetuados nos tecidos vegetais para determinação das características químicas:

Nitrogênio

Para a determinação da concentração de nitrogênio nos tecidos foi pesado 1 g de matéria seca num tubo de digestão para equipamentos Kjeldahl, e colocado em um suporte de alumínio com capacidade para 20 frascos. Em seguida foram adicionados 15 ml de ácido sulfúrico e duas pastilhas de um catalisador e posicionados num bloco de digestão em alumínio à temperatura de 400°C durante 40 minutos. Terminado o período de digestão e após um período de espera para arrefecimento, colocou-se o tubo de digestão num equipamento automático Kjeltec TM 8400 Analyser unit FOSS. No mesmo foi adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio acompanhado de vapor de água. A amônia formada é arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução receptora de ácido bórico e indicadores (Bremner, 1996).

Quantificação de boro

Para a determinação da concentração de boro pesou-se 1,0 g das amostras que foram transferidas para cadinhos onde adicionou-se 0,10 g de óxido de cálcio e misturou-se até a amostra ficar homogênea. Posteriormente realizou-se a queima das amostras em mufla à temperatura de 500°C durante 90 minutos. Após a queima adicionou-se 10 ml de ácido sulfúrico 0,5 M e depois de 30 minutos filtraram-se as amostras em papel de filtro. Depois de filtradas, transferiu-se 1,0 ml das amostras para tubos de 10 ml de polipropileno e então foram adicionados 2,0 ml de azometina-H, e após 30 minutos de desenvolvimento de cor realizaram-se as leituras de absorvância das amostras em espectrofotômetro com comprimento de onda 420 nm (Walinga, 1989).

Quantificação de fósforo, potássio, cálcio e magnésio

Para a determinação da concentração de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, pesou-se 0,25 g das amostras que foram transferidos para tubos de digestão aos quais se adicionaram-se 10 ml de ácido nítrico. Os tubos foram fechados e então levados para digestão em micro-ondas MARSXpress. Após a digestão, o líquido foi transferido para um tubo e completado com água deionizada até 50 ml. Nesta etapa foram quantificados os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês em espectrofotômetro de absorção atômica. Para a determinação do fósforo, após a diluição adicionou-se 4,0 ml da solução molibdato de amônio azul com ácido ascórbico. Depois

de 35 minutos de desenvolvimento de cor foram realizadas as leituras de absorvância em espectrofotômetro a um comprimento de onda 882 nm (Walinga, 1989).

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Anova) pelo teste F. As médias com diferenças significativas entre tratamentos foram separadas efetuando comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. As tabelas e os gráficos foram elaborados no programa Excel.

6 RESULTADOS

6.1 PROPRIEDADES DO SOLO

Apresentam-se na sequência os resultados das análises efetuadas ao solo bem como a respectiva análise estatística, nomeadamente os resultados de matéria orgânica, pH, fósforo, potássio, complexo de troca e boro.

6.1.1 Debaixo da Copa

Relativamente à matéria orgânica presente no solo encontraram-se diferenças significativas na camada superficial (0 a 10 cm) em que o teor de matéria orgânica foi significativamente menor no tratamento mobilizado (M) (3,41%). Na camada de 10 a 20 cm o tratamento que teve o menor valor foi o tratamento com herbicida (H) (1,36%), e na camada mais profunda (20 a 30 cm) os valores tiveram variação, porém não houve diferença significativa entre as médias (**Figura 6**).

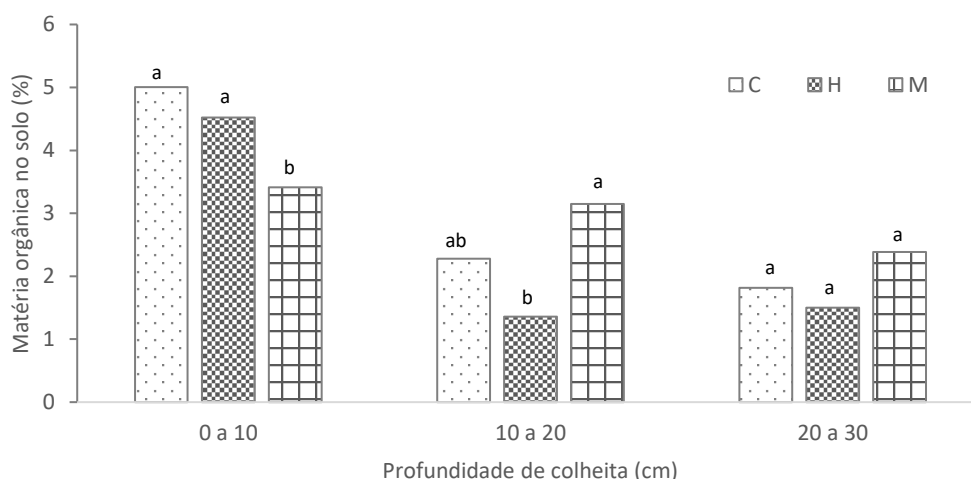


Figura 6: Variação da matéria orgânica no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

O pH foi determinado por dois métodos, designadamente por extração com água e com cloreto de potássio. Os valores médios do pH são apresentados na **Figura 7** (em água) e **Figura 8** (em KCl). Na quantificação de pH em água os tratamentos apresentaram diferenças significativas nas três profundidades amostradas. Foi o tratamento de manutenção do solo com herbicida que apresentou o valor significativamente superior em todas as profundidades. Os tratamentos de manutenção do solo diferiram entre si na determinação de pH com cloreto de potássio apenas na camada mais profunda analisada. Todos os tratamentos originaram solos que se classificaram como ácidos ($\text{pH} < 7$).

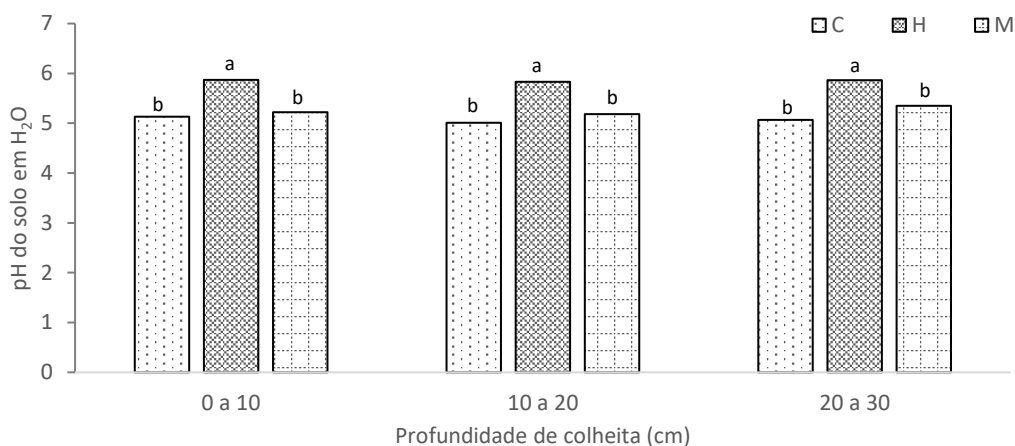


Figura 7: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

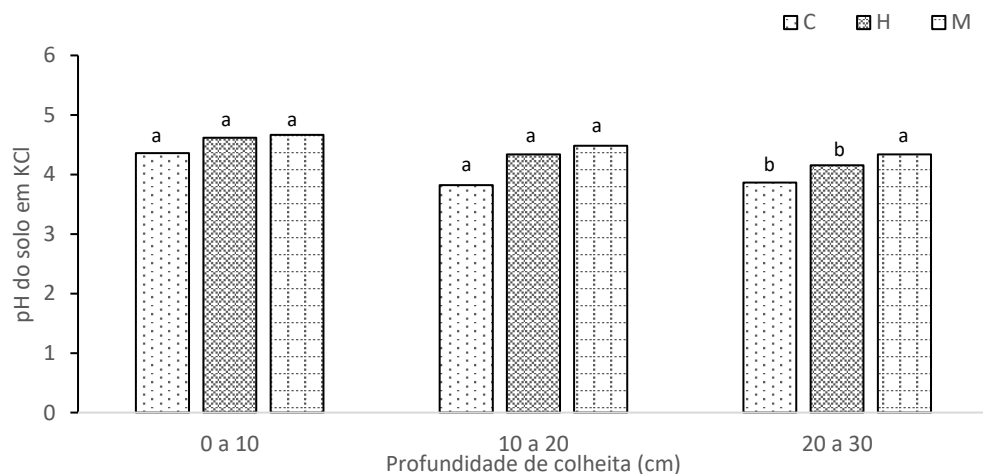


Figura 8: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Fósforo e potássio foram extraídos de acordo com o método de Egner-Riehm. Em relação à concentração de P_2O_5 no solo, representado na **Figura 9**, não houve diferença significativa em nenhuma das profundidades amostradas nos tratamentos. Já os valores de K_2O tiveram diferença em 20 a 30 cm de profundidade com o menor valor no tratamento com herbicida ($49,67 \text{ mg.kg}^{-1}$) (**Figura 10**).

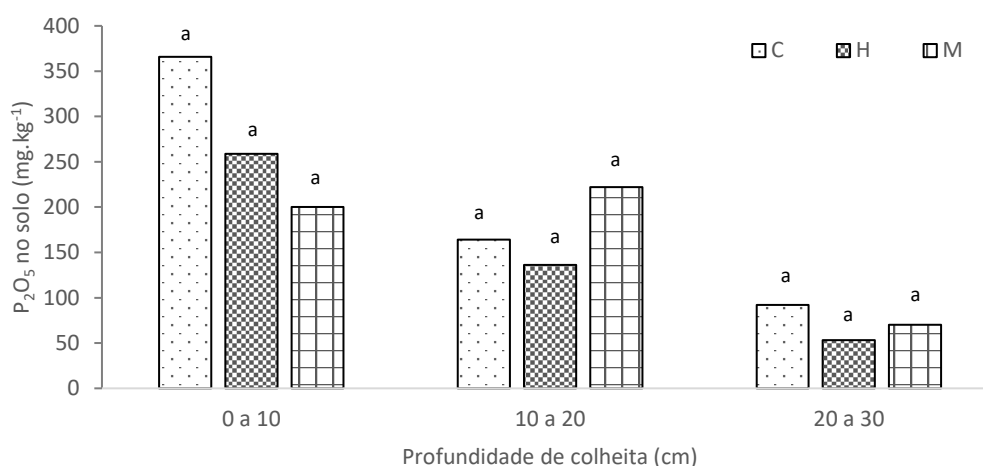


Figura 9: Variação no teor em P₂O₅ no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

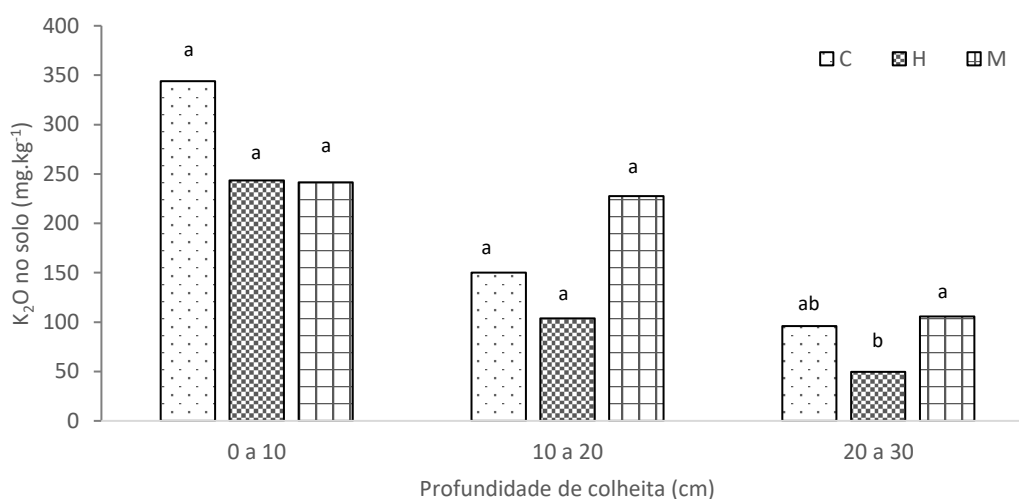


Figura 10: Variação do teor em K₂O no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Os resultados obtidos referentes aos elementos do complexo de troca são demonstrados nas figuras que seguem. Os teores médios de Ca²⁺ (**Figura 11**) não apresentaram diferença na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Nas outras duas camadas, entretanto, apresentaram, sobretudo no tratamento com herbicida com os valores significativamente mais elevados (10 a 20 cm – 15,15%, 20 a 30 cm – 14,21%).

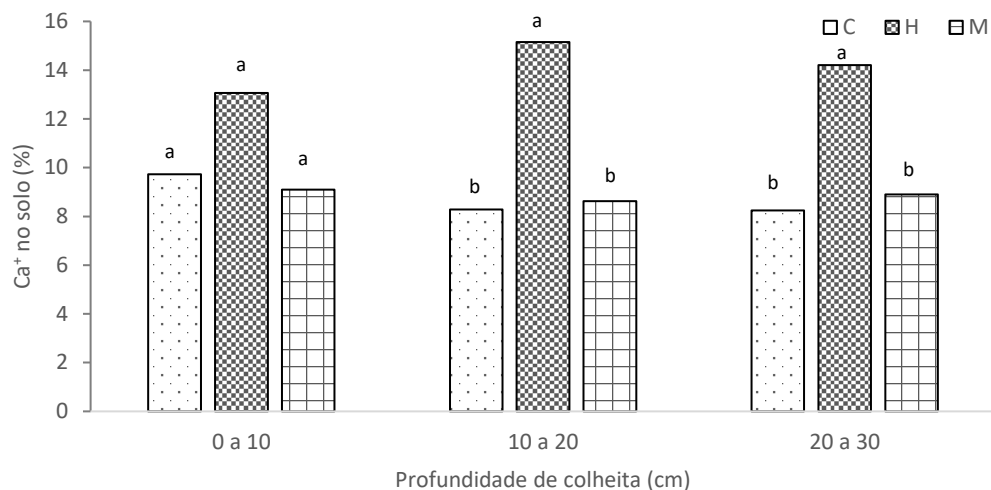


Figura 11: Variação do íon Ca^{2+} no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Para o elemento magnésio os valores também diferiram apenas nas profundidades de 10 a 20 cm e de 20 a 30 cm, também com os maiores valores médios de concentração no tratamento com herbicida (4,0 e 4,69 respectivamente) e estão representados na **Figura 12**.

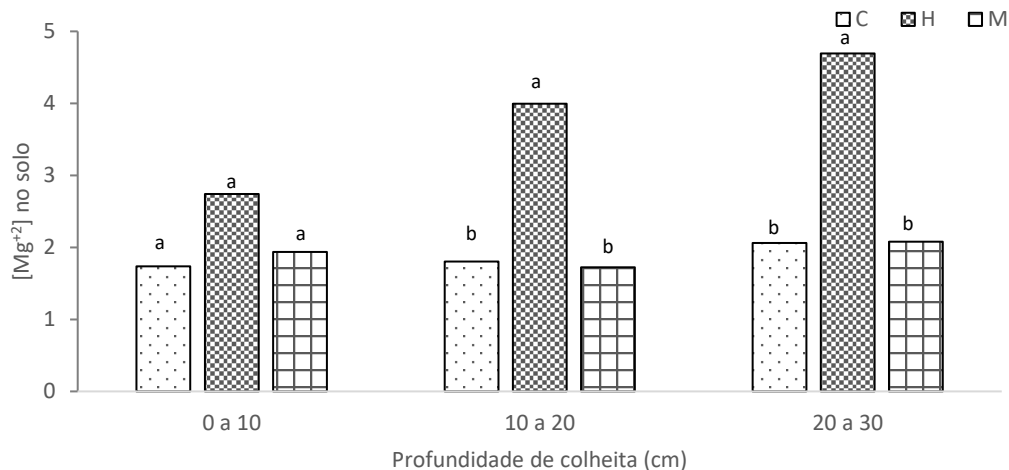


Figura 12: Variação do íon Mg^{2+} no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

No que diz respeito ao potássio, apesar da variação nos resultados das médias, as diferenças não foram significativas em nenhum dos tratamentos nas profundidades analisadas (**Figura 13**). O maior resultado encontrado, verificou-se na primeira camada, no tratamento com coberto vegetal foi de $0,74 \text{ cmol.kg}^{-1}$.

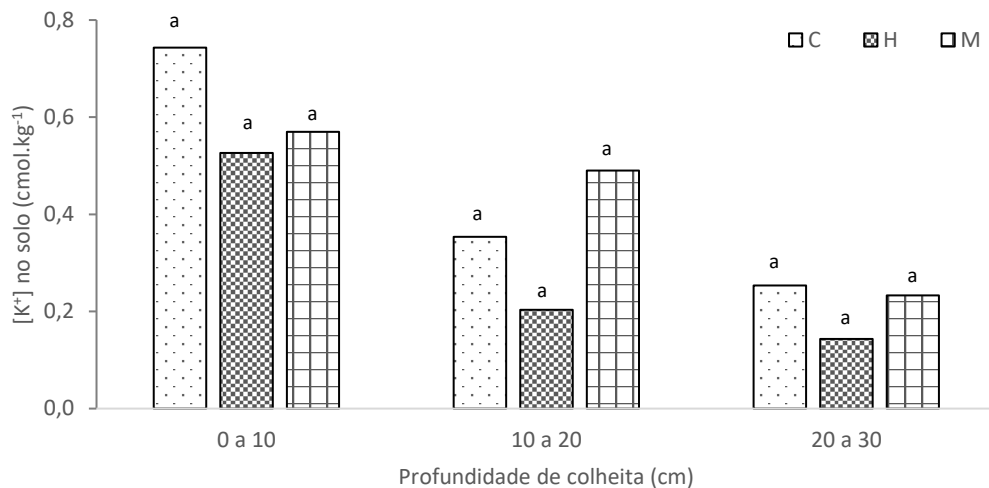


Figura 13: Variação do íon K⁺ no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

A concentração de sódio no solo no complexo de troca apresentou diferenças significativas nas duas primeiras profundidades amostradas. Os valores médios estão representados na **Figura 14**. Na camada superficial a variação das concentrações foi de 0,21 a 0,23, e na camada de 10 a 20 cm variaram de 0,20 a 0,25.

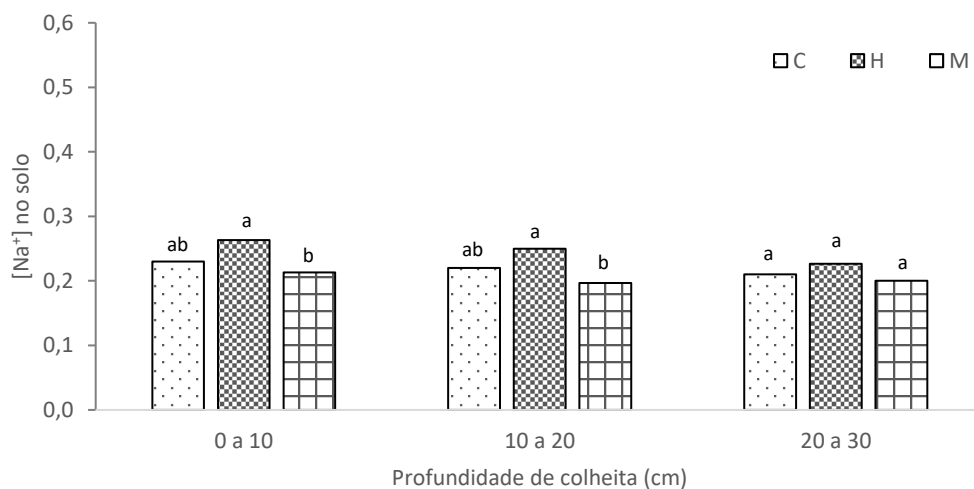


Figura 14: Variação do íon Na⁺ no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

A acidez de troca apresentou diferenças significativas nas profundidades 10 a 20 cm e 20 a 30 cm (**Figura 15**). O valor mais elevado verificou-se no tratamento C com 0,4 cmol.kg⁻¹.

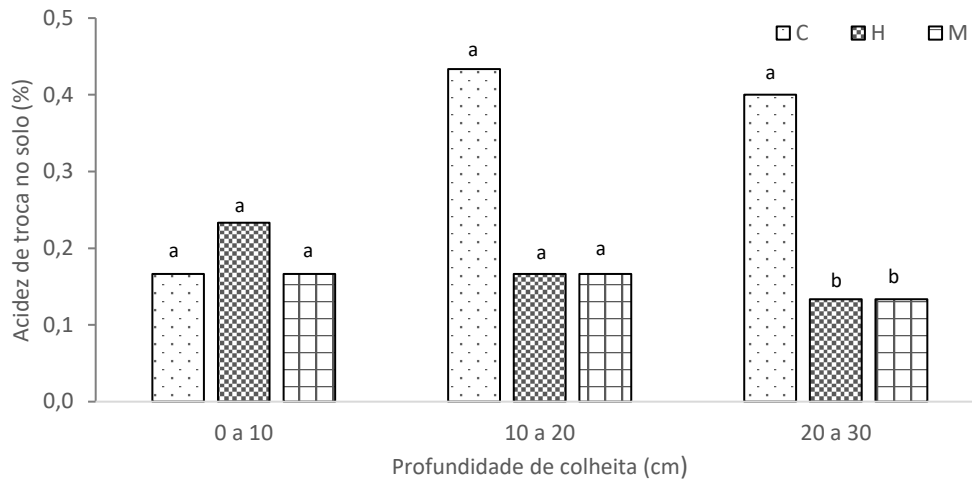


Figura 15: Variação da acidez de troca no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

A CTC do solo variou significativamente nas camadas analisadas em todos os tratamentos estudados em função de cada profundidade (**Figura 16**). Nas três camadas analisadas, o maior valor verificou-se no tratamento com herbicida (16,83, 19,76 e 19,41 cmol.kg^{-1} respectivamente).

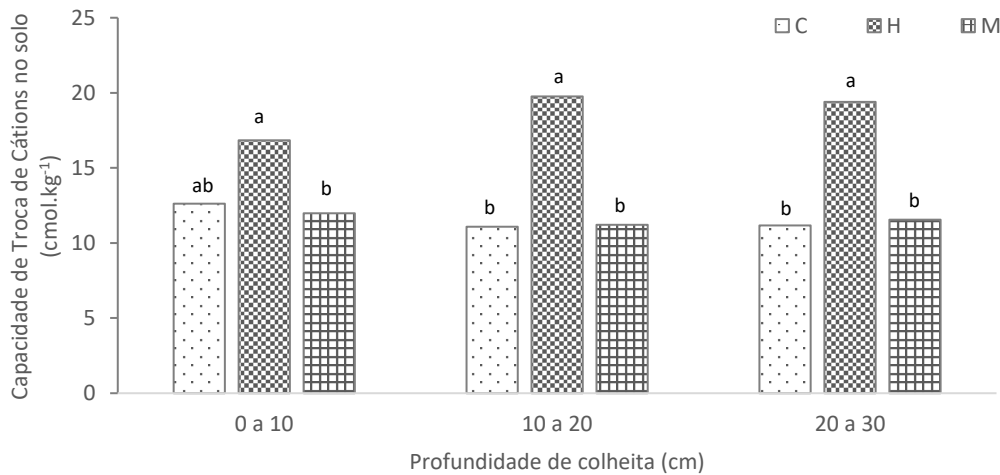


Figura 16: Variação da CTC do solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

O teor do elemento boro não variou significativamente em nenhum dos tratamentos nas profundidades estudadas e nas duas últimas camadas as porcentagens variaram bem pouco entre os tratamentos (**Figura 17**).

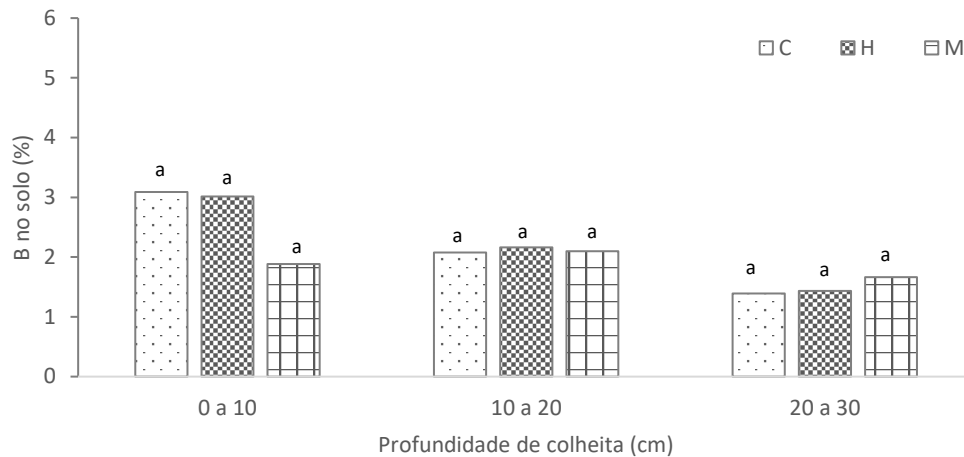


Figura 17: Variação do B do solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

6.1.2 Na Entrelinha

Relativamente à matéria orgânica (**Figura 18**) presente no solo encontraram-se diferenças significativas na camada superficial (0 a 10 cm) em que o teor de matéria orgânica foi significativamente menor no tratamento mobilizado (3,3%). O valor mais elevado verificou-se no tratamento de coberto vegetal com 5,04%, sem diferença para o tratamento H. Na camada de 10 a 20 cm, apesar de não diferir significativamente, o tratamento que teve o menor valor foi o que teve herbicida (1,5%) e o que teve o maior valor foi também com o tratamento C. Na camada mais profunda (20 a 30 cm) os valores tiveram variação significativa e o tratamento que apresentou maior quantidade de matéria orgânica no solo foi o mobilizado (3,18%).

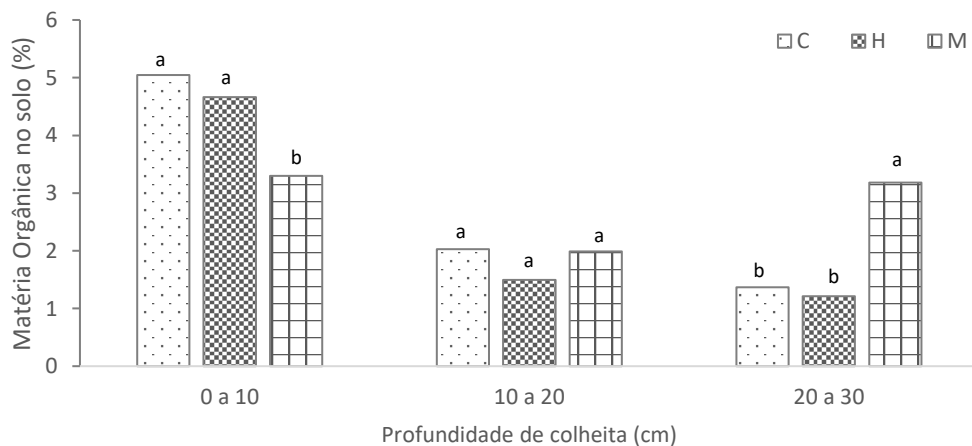


Figura 18: Variação da matéria orgânica no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Em relação ao pH, na quantificação em água (**Figura 19**) os tratamentos apresentaram diferenças significativas nas duas primeiras profundidades amostradas. Os tratamentos de manutenção do solo diferiram entre si nos valores de pH determinado com KCl na camada mais profunda (**Figura 20**). Este valor de pH é genericamente mais baixo do que os valores de pH em água. Todos os valores de pH registrados foram classificados como ácidos (pH < 7).

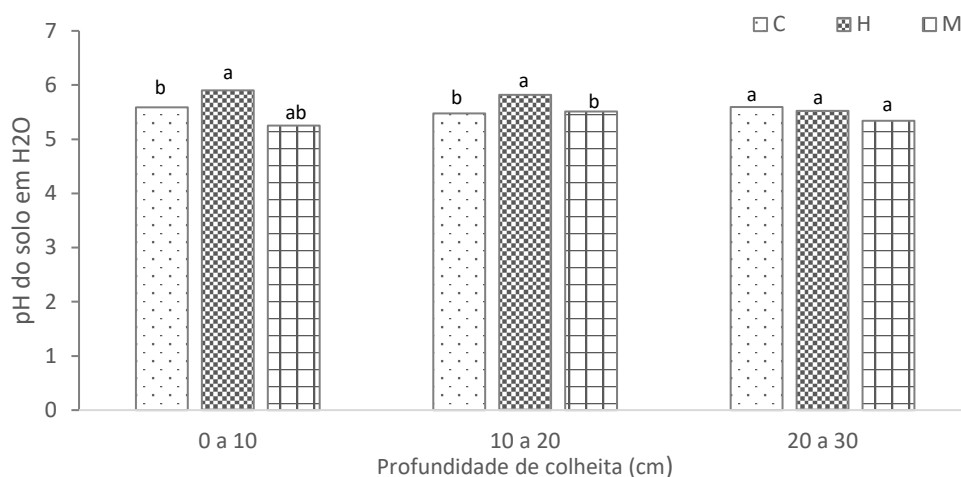


Figura 19: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

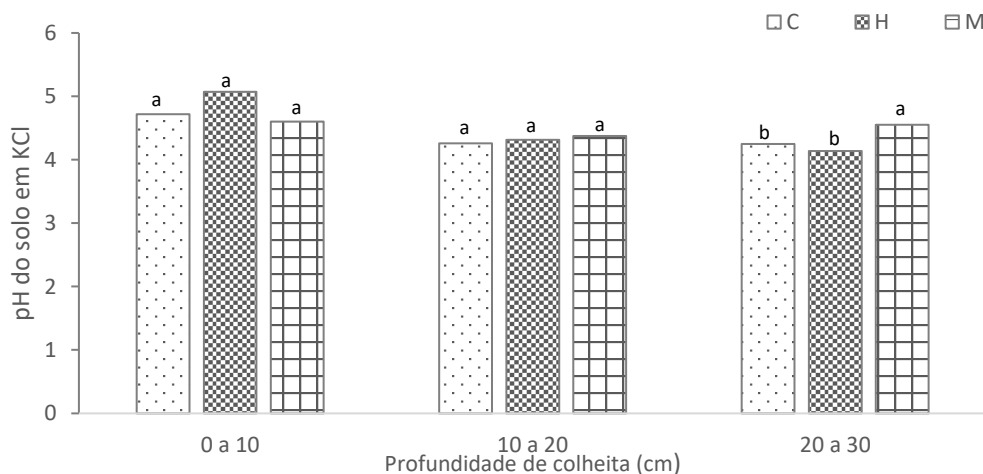


Figura 20: Variação do pH no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Em relação à concentração de P_2O_5 no solo, representado na **Figura 21** verificaram-se diferenças significativas na camada 0 a 10 cm e na camada 20 a 30 cm. Os teores diminuem com a profundidade, embora essa diminuição não tivesse sido tão pronunciada no talhão mobilizado. A camada 0 a 10 cm foi a que teve C, H e M com

valores significativamente mais baixos no talhão mobilizado. Na camada 20 a 30 cm foi o talhão mobilizado que se apresentou com valor de fósforo no solo (123 mg.kg^{-1}) significativamente mais elevado. O valor mais baixo, 29 mg.kg^{-1} , foi registrado no talhão conduzido com herbicida.

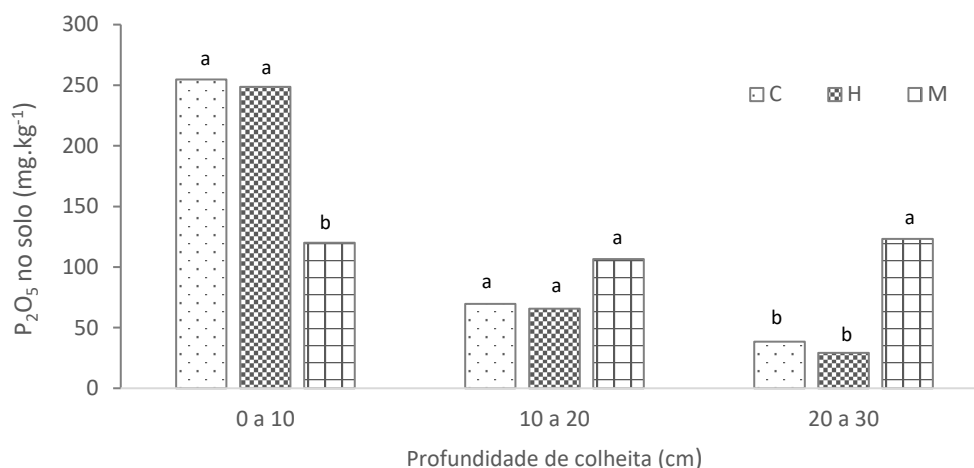


Figura 21: Variação do P_2O_5 no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Os valores médios de K_2O diferiram significativamente na camada 0 a 10 cm, onde o tratamento com coberto vegetal apresentou maior concentração no solo (305 mg.kg^{-1}) (Figura 22). Nesta camada o valor mais baixo verificou-se no talhão gerido com herbicida, com 151 mg.kg^{-1} . Nas outras camadas, apesar de variarem os valores das médias, não foram significativamente diferentes.

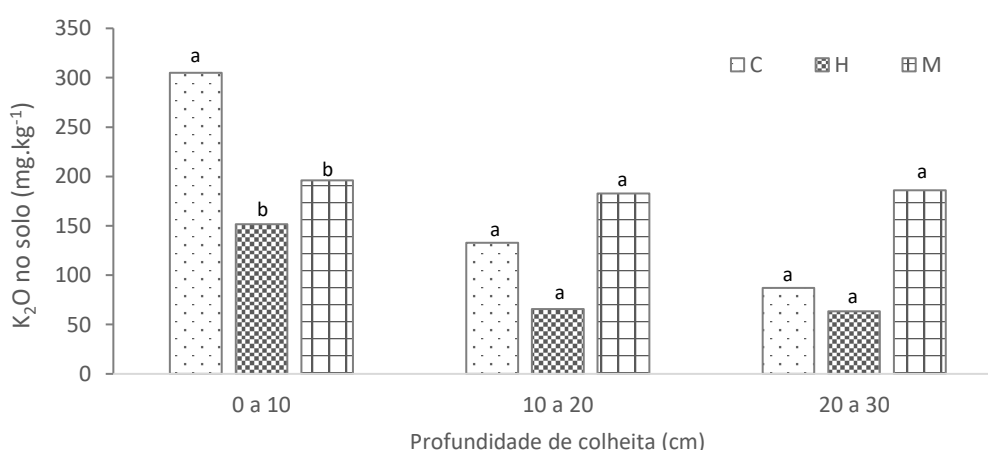


Figura 22: Variação do K_2O no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Os teores médios dos elementos do complexo de troca (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , acidez) e a respectiva soma (CTC) são apresentados na **Tabela 2**. A capacidade de troca de cátions não teve diferença estatística entre os tratamentos apenas na camada de 20 a 30 cm.

As bases de troca (Ca^{2+} , K^+ e Na^+) diferiram significativamente entre os tratamentos na camada de 0 a 10 cm de profundidade. A acidez de troca não apresentou diferenças significativas. Na camada 10 a 20 cm, apenas cálcio e magnésio mostraram diferenças significativas entre os tratamentos, tendo sido estes elementos os responsáveis pelas diferenças nos valores de CTC. Foi o talhão gerido com herbicida que apresentou os maiores valores destes dois elementos. Na camada mais profunda (20 a 30 cm) não houve diferença significativa em nenhum dos elementos nas diferentes formas de gerir o solo.

Tabela 2: Variação do complexo de troca em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada.

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	AT	CTC
	(cmol.kg ⁻¹)					
Tratamento	0 a 10 cm					
Coberto	11,97	2,58	0,74	0,22	0,20	15,71
Herbicida	14,86	3,48	0,31	0,22	0,10	18,97
Mobilizado	9,36	2,16	0,39	0,19	0,17	12,27
Tratamento	10 a 20 cm					
Coberto	7,43	2,15	0,30	0,21	0,20	10,29
Herbicida	14,57	4,49	0,17	0,22	0,13	19,58
Mobilizado	8,93	2,28	0,28	0,20	0,17	11,85
Tratamento	20 a 30 cm					
Coberto	10,08	3,37	0,20	0,21	0,17	14,03
Herbicida	12,18	4,10	0,18	0,21	0,17	16,84
Mobilizado	9,33	2,05	0,31	0,19	0,17	12,05

*Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). (AT – Acidez de Troca; CTC – Capacidade de Troca Catiônica)

Os valores do elemento boro no solo estão representados na **Figura 23**. Para este elemento verificaram-se diferenças significativas entre tratamentos nas duas primeiras camadas. Na camada 0 a 10 cm, a concentração foi significativamente mais baixa no talhão mobilizado com 1,1 mg.kg⁻¹. Os valores mais elevados registraram-se no talhão com coberto vegetal com cerca de 3 mg.kg⁻¹. Na camada de 10 a 20 cm, a menor concentração de boro verificou-se no tratamento com herbicida, com 0,72 mg.kg⁻¹.

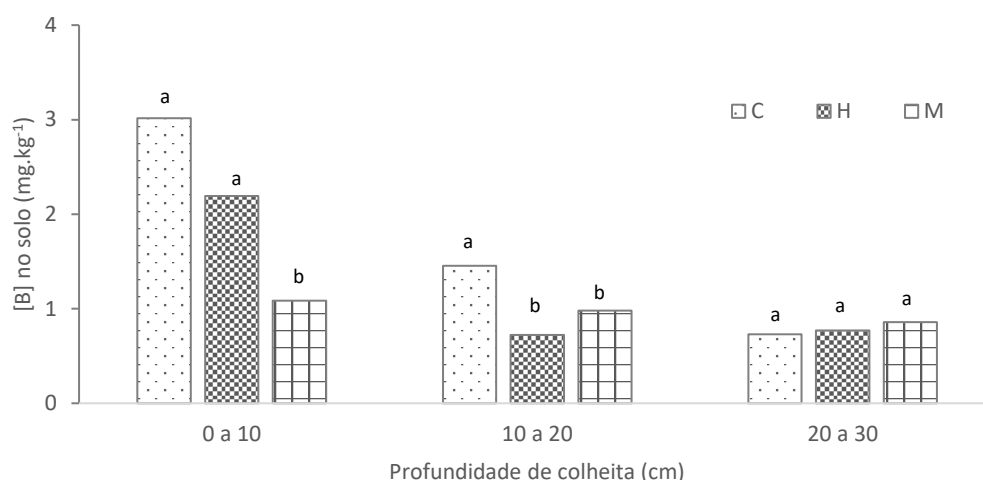


Figura 23: Variação do B no solo em função do tipo de manutenção do solo em cada profundidade amostrada (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização). Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

6.2 PROPRIEDADES DA BIOMASSA

6.2.1 Produção

A produção média de azeitona, avaliada em cada uma das dez árvores de cada tratamento, foi de 15,26 kg/árvore no tratamento C, 14,29 kg/árvore no tratamento M e 13,52 kg/árvore no tratamento H. Não se registaram diferenças significativas na produção entre tratamentos.

6.2.2 Polpa e Caroço

Na **Figura 24** pode verificar-se a relação entre polpa e caroço das azeitonas nos três sistemas de manutenção do solo. No talhão gerido com herbicida observou-se uma proporção da polpa relativamente ao caroço de 63,62%, valor significativamente inferior às restantes relações. A maior proporção de polpa verificou-se no talhão gerido com coberto vegetal (69%), valor que não diferiu da relação polpa/caroço do talhão mobilizado (68%).

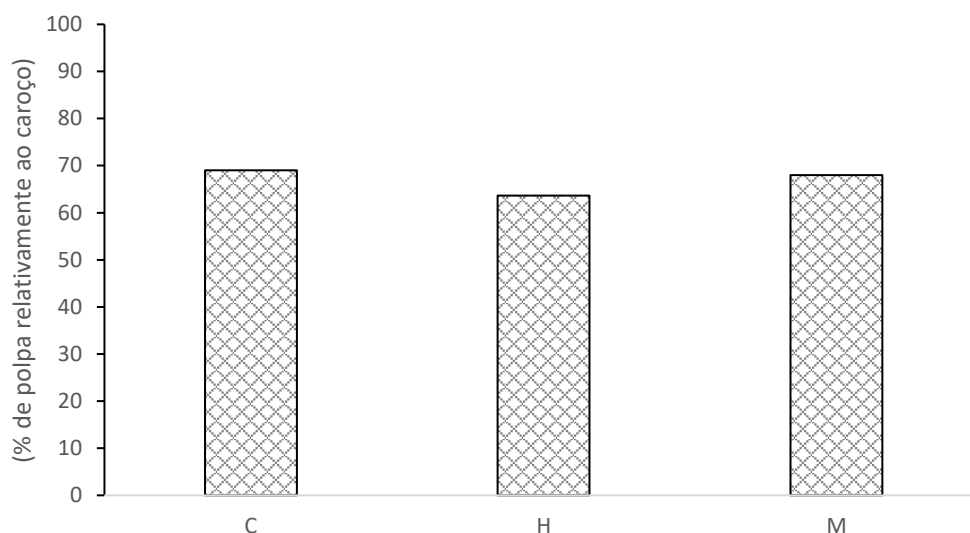


Figura 24: Relação polpa/caroço das azeitonas em cada tipo de manutenção do solo. (C- Coberto vegetal; H – Herbicida; M – Mobilização).

Relativamente às análises realizadas na polpa do fruto da azeitona, os dados computados estão representados na **Tabela 3**. Genericamente verificou-se a ausência de diferenças significativas na concentração de nutrientes nas azeitonas sujeitas a diferentes modos de gestão do solo exceto para o micronutriente boro, que apresentou o menor valor no tratamento mobilizado.

Tabela 3: Variação de N, P, K, Ca, Mg e B de troca em função do tipo de manutenção do solo.

Tratamento	Polpa											
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (mg.kg ⁻¹)						
Coberto	0,58	a	0,17	a	1,35	a	0,05	a	0,04	a	13,02	a
Herbicida	0,62	a	0,15	a	1,12	a	0,05	a	0,03	a	13,70	b
Mobilizado	0,63	a	0,17	a	1,24	a	0,05	a	0,04	a	11,24	ab

*Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Quanto aos dados referentes às análises realizadas ao caroço das azeitonas coletadas, observa-se, na **Tabela 4**, que não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao potássio, cálcio e magnésio. Todavia, nitrogênio, fósforo e boro apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. A concentração de N no caroço foi significativamente menor no talhão com cobertura vegetal. Foi o tratamento de solo mobilizado que colocou mais nitrogênio nos caroços.

Tabela 4: Variação de N, P, K, Ca, Mg e B de troca em função do tipo de manutenção do solo.

Tratamento	Caroço											
	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg(%)		B(mg.kg ⁻¹)	
Coberto	0,46	<i>b</i>	0,08	<i>b</i>	0,40	<i>a</i>	0,02	<i>a</i>	0,03	<i>a</i>	10,73	<i>b</i>
Herbicida	0,51	<i>ab</i>	0,07	<i>b</i>	0,36	<i>a</i>	0,01	<i>a</i>	0,03	<i>a</i>	10,62	<i>b</i>
Mobilizado	0,59	<i>a</i>	0,10	<i>a</i>	0,44	<i>a</i>	0,01	<i>a</i>	0,04	<i>a</i>	13,17	<i>a</i>

*Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

6.2.3 Folhas

Em relação colheita das folhas, em fevereiro de 2020, após a colheita e com as árvores em repouso vegetativo, apresentam-se os resultados da análise foliar na **Tabela 5**. Nesta tabela observa-se que na generalidade dos casos não se verificaram diferenças significativas entre os nutrientes nos tratamentos de manutenção do solo. Observa-se que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos para nitrogênio, fósforo e magnésio. Entretanto, fósforo, potássio, cálcio e boro, diferiram significativamente entre os tratamentos.

Tabela 5: Variação de N, P, K, Ca, Mg e B de troca em função do tipo de manutenção do solo.

Tratamento	Folhas fev/2020											
	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		B (mg.kg ⁻¹)	
Coberto	1,76	<i>a</i>	0,16	<i>a</i>	0,53	<i>a</i>	0,53	<i>b</i>	0,12	<i>a</i>	16,49	<i>a</i>
Herbicida	1,75	<i>a</i>	0,13	<i>a</i>	0,39	<i>b</i>	0,68	<i>a</i>	0,14	<i>a</i>	15,99	<i>b</i>
Mobilizado	1,62	<i>a</i>	0,14	<i>a</i>	0,45	<i>ab</i>	0,56	<i>b</i>	0,14	<i>a</i>	14,77	<i>ab</i>

*Médias com letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

7 DISCUSSÃO

7.1 PROPRIEDADES DO SOLO

Os valores de matéria orgânica, obtidos através da análise de solo realizada debaixo da copa, na camada superficial (0 a 10 cm), foram significativamente mais baixos no talhão mobilizado (3,41%) quando comparado ao talhão coberto vegetal (5%) e herbicida (4,52%). Comparativamente aos valores obtidos através da análise do solo realizada fora da copa, obteve-se, na camada superficial, o maior valor também no tratamento coberto vegetal (5,04%) e o menor no mobilizado (3,3%), sem significância significativa para o tratamento com herbicida.

Segundo Arrobas & Pereira (2009), a mobilização é um processo que oxida a matéria orgânica e acelera a mineralização, ou seja, liberta os nutrientes para as plantas através dos microrganismos presentes no solo e, devido à destruição da camada superficial pela mobilização do solo, a matéria orgânica fica reduzida. Trata-se de um fenômeno bem conhecido e registado na literatura da especialidade (Brady & Weil, 2017). Quanto ao fato de se verificar o maior valor no tratamento com cobertura vegetal, pode-se explicar devido à maior densidade de raízes do coberto vegetal e aos resíduos que se acumulam na superfície do solo. Considerando as profundidades no conjunto dos tratamentos, é a camada superficial que apresenta os valores significativamente mais elevados (4,32% comparados com os valores médios de 2,05% na profundidade 10-20 cm ou 1,91% na camada 20-30 cm).

Tal como se notou neste estudo, Rodrigues et al., (2003) em pesquisas salientou que o padrão de distribuição da matéria orgânica no perfil do solo apresenta valores mais altos na camada superficial e vão reduzindo com a profundidade. Ainda segundo Rodrigues & Cabanas (2009), os cobertos vegetais contribuem para o aumento da matéria orgânica do solo, indicando maior contribuição para o sequestro de carbono ao permitir elevada disposição de resíduos das plantas.

O menor valor de matéria orgânica para o talhão herbicida, quando comparado com os demais tratamentos ocorreu provavelmente porque não houve tanto desenvolvimento de matéria orgânica devido à morte superficial. Relativamente à análise realizada na entrelinha, não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos, porém, o menor valor também foi registrado no tratamento herbicida (1,36%).

Ainda que não significativos estatisticamente, os teores de matéria orgânica na camada 20 a 30 cm no tratamento do talhão mobilizado (3,18%) foi ocasionado por

processos de mobilização mecânica do solo que movimentam as camadas mais superficiais para outras mais profundas.

A matéria orgânica melhora a estrutura do solo pela agregação de partículas e uma boa estrutura favorece o arejamento e a drenagem interna e por isso é importante, sempre que possível, repor a matéria orgânica do solo (Arrobas & Pereira, 2009).

O tratamento herbicida apresentou o valor de pH em água consistentemente e significativamente mais elevado que os outros tratamentos, dentro e fora da copa. Quanto ao pH em KCl, genericamente os valores não diferiram significativamente entre si. Ressalta-se que o solo desta experiência foi considerado como ácido, segundo pesquisas de Arrobas & Pereira (2009) que constata que em Portugal a maioria dos olivais estão instalados sob solos ácidos, em particular no Norte e no Centro do país.

O pH pode ser facilmente corrigido através da aplicação de calcários que repõem as bases em falta e reduzem a presença de hidrônio (H_3O^+). A correção do pH pode também contribuir para o aumento da disponibilidade de fósforo, que promove o desenvolvimento do sistema radicular (Rodrigues & Correia, 2009). O olival encontra-se em melhores condições de desenvolvimento quando o pH está entre 6,0 e 7,5, entretanto, mesmo sendo incomum em Portugal, o ideal é manter o pH do solo próximo da neutralidade pois isso promove um aumento de nutrientes necessários e a redução dos que podem causar toxicidade (Arrobas & Pereira, 2009).

De um modo geral, os teores de fósforo não diferiram significativamente entre si considerado os tratamentos em estudo. Mas verificou-se que, de um modo geral, a camada superficial contém mais fósforo que as camadas mais profundas e na situação debaixo da copa os valores de fósforo são significativamente superiores à situação de entrelinha. No entanto, a árvore tem uma importante capacidade de estabelecer relações simbióticas com fungos ectomicorrízicos, que podem melhorar o acesso às formas de P solúveis (Pereira et al. 2012).

O potássio extraível no solo debaixo da copa diminuiu significativamente no tratamento herbicida ($49,67 \text{ mg.kg}^{-1}$) na camada mais profunda (20 a 30 cm) em relação ao talhão mobilizado ($105,67 \text{ mg.kg}^{-1}$) e coberto (96 mg.kg^{-1}). Na entrelinha os valores diferiram significativamente na camada superficial, tendo o maior valor no tratamento coberto (305 mg.kg^{-1}), seguido de mobilizado (196 mg.kg^{-1}) e, por último, com o menor valor, herbicida ($151,67 \text{ mg.kg}^{-1}$).

O método de Egnér-Riehm permitiu quantificar o total de potássio extraível, isto é, presente em solução e no complexo de troca, fornecendo um parâmetro de

disponibilidade deste nutriente para as plantas (Rodrigues, 2012). Também, o método de Egnér-Riehm é o mais usado em análises de rotina em Portugal.

A variabilidade dos resultados apresentou erros padrão elevados, podendo estar relacionado, por exemplo, com a presença de algum grão de adubo ou com algum resíduo de esterco dos animais que causou muita variação entre as repetições. Os valores são tendencialmente maiores no coberto vegetal. Já a mobilização pode ter colocado mais fósforo e potássio na camada abaixo da superficial. Onde é aplicado herbicida ou coberto não há movimentação mecânica dos nutrientes como na modalidade mobilizada.

No que respeita aos íons do complexo de troca, o teor médio de cálcio e magnésio de troca debaixo e fora da copa, no tratamento herbicida, foi significativamente mais elevado em relação aos demais tratamentos na camada de 10 a 20 cm. Apesar de não apresentar significância, os valores do tratamento herbicida foram maiores em relação ao mobilizado e coberto também nas demais profundidades estudadas dentro e fora da copa. O sódio apresentou uma tendência semelhante. Tratando-se de um solo ácido, provavelmente com presença de hidróxidos de ferro e alumínio. Sendo o glifosato um importante agente quelante de cátions metálicos (Kanissery et al., 2019) poderá ter havido alguma dinâmica entre o herbicida glifosato e os cátions ferro e alumínio resultando numa maior disponibilidade de cálcio, magnésio e sódio no solo. Estes fenômenos resultaram num aumento significativo da capacidade de troca catiônica no talhão tratado com herbicida.

O potássio de troca foi um elemento que não apresentou nenhuma diferença significativa, debaixo da copa. Na entrelinha foi significativamente superior na camada 0-10 cm do talhão com coberto vegetal. Ferreira et al., (2015), nos pomares de Suções e Qta Carrascal, regiões próximas de Bragança com a mesma classificação de solo, encontraram valores muito abaixo de $96,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $41,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente em cada localidade, o que faz notar não só a importância do material originário, mas também as operações culturais no teor deste elemento no solo.

A acidez de troca não apresentou nenhuma diferença significativa ou digna de comentário entre os tratamentos em nenhuma das profundidades tratadas. Quando comparados os conjuntos de valores dos tipos de manutenção do solo foi o tratamento associado ao coberto vegetal que apresentou o valor significativamente mais elevado ($0,26 \text{ cmol.kg}^{-1}$ contra os $0,16 \text{ cmol.kg}^{-1}$ dos outros tratamentos). A acidez de troca representa uma quantidade de íons (Al e H) associados às cargas negativas do solo e que se pode trocar com o íon potássio da solução extrativa usada na determinação

desta propriedade. Sendo o talhão com coberto vegetal aquele que possui maior quantidade de matéria orgânica, e por isso maior quantidade de cargas negativas haverá aqui maior potencial de imobilização de cargas de ferro e alumínio do solo (Weil e Brady, 2017). Na presença de íons K^+ da solução, as trocas serão mais abundantes neste tratamento resultando numa maior concentração de Al^{3+} e H^+ na solução do solo.

A quantidade de herbicida adsorvido depende das suas propriedades químicas, das características físico-químicas do solo, principalmente da superfície específica e da CTC dos minerais da fração argila, da formulação, da dose aplicada do produto e das condições e clima (Oliveira & Brighenti, 2011). Além disso, segundo os mesmos autores, a matéria orgânica, devido à sua alta capacidade de troca de cátions e grande superfície específica, têm influência na adsorção de herbicidas no solo.

Debaixo da copa os valores do micronutriente boro obtidos pela análise não variaram significativamente entre tratamentos em cada camada analisada. Genericamente, na primeira camada, os valores tiveram maior diferença entre si, ficando com $1,89 \text{ mg.kg}^{-1}$ no tratamento com o talhão mobilizado e $3,09 \text{ mg.kg}^{-1}$ para coberto. Em geral, a presença de maior quantidade matéria orgânica no solo tem associada maior quantidade de boro que se disponibiliza após a mineralização da matéria orgânica (Santos, 2015). Na entrelinha, foram os tratamentos que apresentaram maior quantidade de matéria orgânica no solo, coberto vegetal e herbicida, que apresentaram os valores significativamente mais elevados de boro, sobretudo nas camadas 0 a 10 cm. Na camada 10 a 20 cm os valores foram significativamente superiores apenas no talhão com coberto vegetal. Considerando a variação por profundidade, o teor de boro no solo diminui em profundidade, sendo significativamente mais elevado na camada mais superficial.

7.2 PROPRIEDADES DA BIOMASSA

7.2.1 Produção

Genericamente, as características químicas do solo em estudo não são limitantes à produção das culturas. Os processos de mineralização da matéria orgânica do solo bem como os teores em nutrientes, nomeadamente fósforo, potássio, cálcio e magnésio e o micronutriente boro estiveram sempre em quantidades consideradas adequadas para a nutrição desta cultura (LQARS, 2006). Acresce a fertilização anual que não permitiu que se verificassem situações de deficiência. Estes fatos terão tido uma influência decisiva na performance geral das árvores que se traduziu na ausência de

diferenças significativas na produção das árvores dos diferentes sistemas de manutenção do solo.

A ausência de diferenças significativas na produção entre tratamentos também pode ter estado relacionada com a reduzida disponibilidade de água no solo nos momentos decisivos da cultura, nomeadamente à floração e em todo o período de endurecimento do caroço. De acordo com o IPMA (valores de 2019), a precipitação entre maio e setembro foi praticamente inexistente e a temperatura foi, em média, 3,5 graus superior em maio e julho relativamente às temperaturas médias registradas nestes meses no período 1971 - 2000.

7.2.2 Polpa e caroço

A relação polpa/caroço apresentou uma tendência de valores de maior proporção de polpa no tratamento com cobertura vegetal, ainda que sem diferenças significativas para os valores dos restantes tratamentos. Esta relação é importante pois é a polpa que gera o azeite. No entanto, neste ano os tratamentos não induziram uma diferença significativa neste parâmetro, à semelhança do que sucedeu com a produção média unitária das árvores de cada tratamento.

7.2.3 Folhas

Os valores de nitrogênio nas folhas em todos os tratamentos apresentaram-se dentro dos intervalos de suficiência estabelecido por LQARS (2006). O nitrogênio é um elemento móvel no solo e de grande importância para a nutrição das oliveiras. Segundo estudos feitos por Rodrigues et al. (2013), este nutriente é o mais limitante para o crescimento das plantas, demonstrando sua elevada importância na produtividade da oliveira.

As folhas da oliveira têm papel importante no armazenamento de nitrogênio, juntamente com as raízes e os caules, para mais tarde ser utilizado na formação de novos crescimentos (Fernandez-Escobar, 2017).

Os teores de fósforo nas folhas, apesar de estarem dentro do nível de suficiência proposto (LQARS, 2006), estavam próximos do limite inferior (0,1%). O fósforo, por ser um elemento pouco móvel no solo faz com que se perca menos por lixiviação, podendo ficar disponível para as plantas ao longo dos anos (INIAP, 2005). O fósforo é um elemento que possui importância relativa menor pela facilidade de reutilização deste elemento que, relativamente a outros macronutrientes, se encontra presente em menores concentrações nos tecidos das plantas (Fernandez- Escobar, 2017). Talvez por essa razão seja difícil verificar resposta das culturas à sua aplicação. Alguns estudos

de fertilização com fósforo como o de Arrobas et al. (2018a) em hortelã-pimenta (*Mentha x piperita*), de Afonso et al. (2018) em limonete (*Aloysia citrodora*) e de Ferreira et al. (2018) em oliveira, demonstram a dificuldade em encontrar respostas à aplicação deste nutriente nos solos de Trás-os-Montes.

A concentração de potássio nas folhas mostrou diferenças significativas entre os tratamentos cobertura vegetal e herbicida. O tratamento com herbicida demonstrou estar abaixo do limite inferior de suficiência. O potássio é o elemento que é extraído em maior quantidade pela oliveira, principalmente nos frutos (Fernández-Escobar, 2017). Por esse motivo se verificam menores concentrações deste elemento nas folhas no período de repouso vegetativo, após a colheita do fruto. As concentrações relativamente baixas podem estar relacionadas também com valores baixos de precipitação registrados na região durante a fase de desenvolvimento mais ativo, já que se trata de um olival de sequeiro.

O teor em cálcio foi significativamente mais elevado no tratamento com herbicida. Em geral, e considerando os limites estabelecidos por LQARS (2006), este é nutriente que se encontra em condições de deficiência. A carência de cálcio pode originar redução do crescimento da árvore e ser apontada como um fator a limitar a possibilidade de existir diferenças significativas na produção de matéria seca. No campo, a deficiência de cálcio pode ser resolvida com a calagem do solo (carbonato de cálcio ou óxido de cálcio) para neutralizar a acidez (Santos, 2015).

No magnésio não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos e as médias estiveram sempre dentro do intervalo de suficiência. Da mesma forma que o cálcio, para solucionar deficiência de magnésio deve-se neutralizar a acidez, neste caso utilizando carbonato magnésiano (Santos, 2015).

Para o boro também não se verificaram diferenças significativas entre tratamentos e os valores registrados encontram-se dentro da gama de suficiência dos valores para esta época do ano. Segundo Ferreira et al. (2019), a aplicação de boro ao solo aumenta a quantidade do nutriente fornecido e mantém a concentração do nutriente nas folhas. A carência do micronutriente boro é uma situação generalizada em todo o Mediterrâneo e em várias partes do mundo podendo ser justificada pelo fato d'ele não ser fortemente retido no solo (Arrobas & Pereira, 2009).

De maneira geral os resultados de concentração de nutrientes nas folhas encontrados neste trabalho podem ser devidos ao pH ácido do solo do experimento. Quando os solos são bem arejados e próximos da neutralidade é mais difícil haver situações de deficiência, ou seja, necessidade de recomendar os elementos nos

programas de fertilização, com exceção do boro, que segundo Arrobas & Pereira (2009) deve constar nos programas de fertilização de Bragança. De qualquer forma, na altura de repouso vegetativo pode considerar-se que o potássio e o cálcio devem merecer alguma atenção na estação de crescimento seguinte.

8 CONCLUSÕES

1. Os sistemas de manutenção do solo têm um impacto nas propriedades do solo. A mobilização diminuiu o teor de matéria orgânica do solo devido à maior oxigenação do solo. Os cobertos vegetais tendem a melhorar genericamente a fertilidade do solo. Aumentou o teor de matéria orgânica, o teor de fósforo e o teor de boro no talhão gerido com coberto vegetal.
2. O tratamento com herbicida parece ter alterado a dinâmica dos cátions do complexo de troca. Provavelmente, a complexação de íons como o ferro ou o alumínio libertou cálcio e magnésio na solução do solo. No entanto esta hipótese só poderá ser confirmada com a análise a outros metais no solo, não efetuadas neste trabalho.
3. A produtividade das árvores não diferiu significativamente neste trabalho, embora se note uma tendência de maior produção no talhão gerido com coberto vegetal. O mesmo sucedeu com a relação polpa/caroço.
4. No que respeita à concentração de nutrientes nas folhas verifica-se uma tendência para serem maiores no talhão gerido com coberto vegetal, o que vai de encontro à melhor condição de fertilidade neste talhão. A exceção vai para o cálcio, maior no talhão gerido com herbicida onde se verificou maior disponibilidade de cálcio.
5. A falta de significância em alguns dos resultados obtidos pode estar relacionada com a disponibilidade de água no solo que, neste ano, poderá ter dificultado a movimentação dos íons no solo até à raiz, comprometendo a produção e o estado nutritivo das árvores.
6. Os resultados sugerem a necessidade de manter estes ensaios por um maior período de tempo para se tentar anular a variabilidade associada aos fatores ambientais.

9 REFERÊNCIAS

- Afonso, S., Arrobas, M., Ferreira, I.Q. & Rodrigues, M.A. (2018). Leaf nutrient concentration standards for lemon verbena (*Aloysia citrodora Paláu*) obtained from field and pot fertilization experiments. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 8: 33-40.
- Alcobia, M. D. & Ribeiro, J. R. (2001). *Manual do Olival em Agricultura Biológica*. 1ª Edição. Edição Terra Sã, Alijó, 111p.
- Aspectos técnicos da cultura da oliveira/João Vieira Neto ... [et al.]. - Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 56p.
- Aranda, V.; Calero, J.; Martín-García, J. M.; Montejo, A. & Serrano, J. M. (s/data). Evaluación de Tierras para el Cultivo del Olivo, Universidad de Jaén. <http://www.di.ujaen.es/~jmserrano/web-pid/guion.html>. Acedido a 10 de abril de 2020.
- Arrobas, M. & Coutinho, J. (2001). Caracterização do fósforo em solos de Portugal. Sociedade portuguesa de ciência do solo. 1º congresso nacional das ciências do solo.
- Arrobas, M., Ferreira, I.Q. Afonso & S. Rodrigues, M.A. (2018). Sufficiency ranges and crop nutrient removals for peppermint (*Mentha 1 x piperita L.*) established from field and pot fertilizer experiments. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*
- Arrobas, M., Parada, M.J., Magalhães, P. & Rodrigues, M.A. (2011). Nitrogen-use efficiency and economic efficiency of slow-release N fertilisers applied to irrigated turfs in a Mediterranean environment. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89: p. 329–339.
- Arrobas, M. & Pereira, J.M. (2009). Fertilização do Olival. In: *Manual da safra e contra safra do olival*. Rodrigues, M.A.; Correia, C.M. Bragança – Instituto Politécnico.
- Arquero, O. & Serrano, N. (2013). Manejo del suelo. In: Arquero, O. (Ed.) - *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla.
- Barradas, G. (1998). *Técnicas de Produção Agrícola*. Escola Superior Agrária de Elvas, Elvas.
- Bohm, J. & Antunes, M. (2013). O grande livro da oliveira e do azeite. In: *A evolução da espécie Olea europaea*. p. 34 – 52.

- Borges, M. I. (2018). Análise da cadeia de valor do azeite biológico em Portugal. Dissertação.
- Brady, N.C. Weil, R.R., (2017). The Nature and Properties of Soils. Fifteenth Edition. Global Edition. Pearson.
- Bremner, John. M. (1996). Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis. Part 3, Chemical methods- SSSA. Soil Science Society of America Book Series. Book Series nº 5. pp. 1085-1122.
- Agroconsultores & Coba. (1991). Carta de Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Coutinho, E. F. (2007). A cultura da oliveira. A cultura da oliveira. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 143 p.
- Coutinho, E. et al. (2015). Oliveira: aspectos técnicos e cultivo no Sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- Coutinho, E. F.; Ribeiro, F. C. & Cappellaro, T. H. (2009). Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.) - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 125 p. - Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 16.
- EUROSTAT. (2018). <https://ec.europa.eu/eurostat/> Acedido a 05 de abril de 2020.
- Fernandez-Escobar, R.; Gómez, J.A.; Quesda-Moraga, E.; Orgaz, F.; Trapero, A. & Rosa, R. (2017) - Sistemas de Produção em Olivicultura. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 7a ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.
- Fernandes, G.M.M.R. (2014). Caracterização morfológica e genética de cultivares de oliveiras centenárias e tradicionais para a obtenção de produtos diferenciados. Dissertação.
- Fernández-Escobar, R. (2017). Fertilización. In: El Cultivo del Olivo. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. 2017. 7ª edición. p. 994.
- Ferreira, I.Q., Rodrigues, M. Â & Arrobas, M. (2019). Soil and foliar applied boron in olive: tree crop growth and yield, and boron remobilization within plant tissues. Spanish Journal of Agricultural Research, Volume 17, Issue 1, e0901. <https://doi.org/10.5424/sjar/2019171-13796>.

- Ferreira, I. Rodrigues, M.Â. Claro, A.M & Arrobas, M. (2015) Management of Nitrogen-Rich Legume Cover Crops as Mulch in Traditional Olive Orchards, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46:15, 1881-1894, DOI: 10.1080/00103624.2015.1059847
- Ferreira, I.Q., Rodrigues, M.A., Moutinho-Pereira, J.M., Correia, C. & Arrobas, M. (2018). Olive tree response to applied phosphorus in field and pot experiments. *Scientia Horticulturae*. *Scientia Horticulturae* 234 (2018) p. 236–244.
- Fonseca, F., Queirós, A., Buch, A., Carvalho, F., Sousa, J.P., Santos, S. (2012). Sistemas de gestão do solo em olivais de Trás-os-Montes: efeitos nas propriedades superficiais do solo. V Congresso Ibérico da Ciência do Solo- Uso e manejo do solo. Livro de resumos. p. 130.
- Fillipini alba, J.M.; Flores, C.A.; Wrege, M.S.; Coutinho, E.F. & Jorge, R.O. (2014). Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul. Brasília: Embrapa, p. 80.
- Fillipini alba, J.M.; Flores, C.A.; Wrege, M.S. (2014). Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul. Brasília: Embrapa, p. 70.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). <http://faostat.fao.org/>. Acedido a 05 de abril de 2020.
- Food and Agriculture Organization of United Nations. (2018) - Estatísticas mundiais do cultivo de oliveira.
- Gabinete de Planejamento, Políticas e administração Geral. (2017). Ficha de Internacionalização. Azeite. Acedido em: 30/05/2017, em: www.gpp.pt/images/gam/1/fi/AzeiteFI.pdf.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Mapas e Gráficos- Bragança. (2020).
- International Olive Council. (2017). <https://www.internationaloliveoil.org>. Acedido a 05 de abril de 2020.
- International Olive Council. (2017). World Olive Oil Figures- Production, Imports, Exports, Consumption e EU Olive Oil Figures Production, Imports, Exports, Consumption. Acedido a 16 de maio de 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agro. (2017). https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76234. Acedido a 25 de novembro de 2020.

- Instituto Brasileiro de Olivicultura. (2019). <https://www.ibraoliva.com.br/home>. Acedido a 10 de abril de 2020.
- Instituto Nacional de Estatística (INE, I.P.) (2018). Estatísticas Agrícolas. Lisboa, Portugal.
- Instituto Nacional de Estatística (INE, I.P.) (2019). Estatísticas Agrícolas. Lisboa, Portugal.
- Jones, J. (2001) - Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. London, New York, Washington, DC: CRC Press, Boca Raton.
- Jones, D.; Rousk, J.; Edwards-jones, G.; Deluca, T. & Murphy, D. (2012). Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three years' field trial. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 45, p. 113-124.
- Kerbauy, G. & Furlani, A.M. (2004). Fisiologia Vegetal- Nutrição mineral. p. 40-75. São Paulo, SP.
- Kanissery, R.; Gairhe, B.; Kadyampakeni, D.; Batuman, O.; Alferez, F. Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. *Plants* 2019, 8, 499. DOI: 10.3390/plants8110499
- Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. INIAP. 2005. Manual de fertilização das culturas. Apartado 3228 – 1301-9003 Lisboa.
- LQARS. Manual de Fertilização das Culturas. (2006). Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas (INIAP). Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS).
- Lucena, B. & Mendez, M. A. (2017) – La olivicultura en el mundo y España. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 7a ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 4-32.
- Martins, J. C. & Fernandes, R. (2017) - Processos de degradação do solo. Dossier técnico - INIAV, I.P., p. 34-36.
- Mendes, A. Faria, C., Silva, D. (2010). Sistema de Produção de Melancia. In: Adubação – Análise foliar. Efeitos, funções dos nutrientes e principais sintomas da deficiência na cultura da melancia. Embrapa. <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/adubacao.htm>.

- Ministério da Agricultura e Pescas – MAP. (1977). Laboratório Químico-Agrícola Rebelo da Silva. Sector Fertilidade do Solo. Documentação 2. D.G.S.A.
- Navarro, C. & Parra, A. F. (2008) – Plantación del olivo. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 6a ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 189-238.
- Nicolodi, M. & Gianello, C. (2017). Considerações e orientação sobre amostragem de folhas, interpretação e diagnóstico do estado nutricional de plantas de oliveiras cultivadas no Brasil. PERSPECTIVA, Erechim. v. 41, n.155, p. 115-131.
- Oliveira, M.F., Brighenti, A., (2011). Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. In: Comportamento dos Herbicidas no Ambiente. p. 263-304.
- Olive Oil Times. Principais exportadores de azeite. <https://www.oliveoiltimes.com/pt/top-olive-oil-exporters>. Acedido a 15 de abril de 2020.
- Olive Oil Times. Dados de produção de azeite. <https://www.oliveoiltimes.com/pt/olive-oil-production-data>. Acedido a 15 de abril de 2020.
- Pastor, M.; Castro, J. V. & Humanes, M. (2008) - Sistemas de manejo del suelo. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 4º Ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 214-254.
- Pereira, M.G., Caramelo, L., Gouveia, C., Gomes-Laranjo, J. & Magalhães, M., (2012). Assessment of weather-related risk on chestnut productivity. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 11, p. 2729–2739.
- 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.
- Reeuwijk, L. V. (2002) - Procedures for soil analysis. Technical Paper 9 (Sixth ed.). ISRIC, FAO of the United Nations.
- Rodrigues, A.R.M. da S.F. (2012). Indicadores de qualidade do solo em pomares de pereira ‘Rocha’- enrelvamento permanente versus mobilização. Dissertação de mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. p. 107.
- Rodrigues, M. Â. & Arrobas, M. (2017). Manutenção do solo. In: Rodrigues M. Â. (Ed.) - Amendoeira: Estado da Produção. Centro Nacional De Competências Pelos Frutos Secos, Bragança, p. 185-194.

- Rodrigues, M.Â & Arrobas, M. (2018). Leguminosas na gestão do solo dos olivais. AGROTEC, nº 26. 1º trimestre 2018.
- Rodrigues, M. â.; Arrobas, M. & Bonifácio, N. (2003) – Análise de terras em olivais de sequeiro. O efeito da aplicação localizada de fertilizantes. Revista de Ciências Agrárias, vol. 28, n. 2, p. 167–176.
- Rodrigues, M. & Cabanas, J. (2009). Manutenção do Solo. In: Manual da safra e contra safra do olival. Rodrigues, M.A.; Correia, C.M. Bragança – Instituto Politécnico.
- Rodrigues, M. & Correia, C. (2009). O ciclo bienal da oliveira. In: Manual da safra e contra safra do olival. Rodrigues, M.A.; Correia, C.M. Bragança – Instituto Politécnico.
- Rodrigues, M. A.; Pavão, F. J. & Arrobas, M. (2010) - Gestão da vegetação herbácea em olival biológico. Revista técnica de olivicultura e azeite, vol. 102, n. 4, p. 17-20.
- Roman, E., Vargas, L., Rizzardi, M.A., Hall, L., Beckie, H., Wolf, T. (2005). Como funcionam os herbicidas. Da biologia à aplicação. Passo Fundo, RS. 152 p.
- Santos, J. Q. dos. (2015). Fertilização-Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos. Publindústria.
- Saramago, I. (2013). Olival em modo de produção biológico. Dissertação.
- Saueressig, D. (2018). O desenvolvimento da olivicultura no Rio Grande do Sul: potencialidades e desafios. Dissertação.
- Schulte, E. (1980) - Recommended soil organic matter tests. In: Dahnke, W.C. (Ed.) - Recommended chemical soil tests procedures for the North Central Region. NCR publ No 221. North Dakota State University, Fargo. p. 29-31.
- Sims, J. (1996) - Lime requirement. In: Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods. SSSA Book Series: 5, p. 491-515.
- Teramoto, J. Bertoncini, E. Pantano, A. (2010). História da introdução da cultura da oliveira no Brasil. http://www.infobibos.com/artigos/2010_4/historicooliveira/index.htm.
- Vilar, J.; Santos, P.; Caño, S.; Caideira, B. & Dias, P. (2019). Alentejo: a liderar a olivicultura moderna internacional.

Walinga, I. Van vark, W. Houba, V. J. G. & Van Der Lee, J. J. 1989. Soil and Plant analysis. Part 7, Plant Analysis Procedures. Departament of soil science and plant nutrition. p. 263.