



**AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DA OLIVEIRA, CULTIVARES
COBRANÇOSA E ARBEQUINA, À APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E
NUTRIENTES EM UM SOLO ORIGINALMENTE ÁCIDO**

Luiz Henrique Guzzi

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

Orientação

Prof. Dr. Manuel Ângelo Rosa Rodrigues - IPB

Coorientação

Prof^a. Dra. Margarida Arrobas – IPB

Prof^a. Dra. Nilvania Aparecida de Mello – UTFPR

Bragança

2023

Luiz Henrique Guzzi

**AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DA OLIVEIRA, CULTIVARES
COBRANÇOSA E ARBEQUINA, À APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E
NUTRIENTES EM UM SOLO ORIGINALMENTE ÁCIDO**

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

Bragança

Instituto Politécnico de Bragança – IPB

2023

Agradecimentos

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível graças à parceria estabelecida entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Sou imensamente grato pela oportunidade e pelo valioso conhecimento adquirido ao longo do programa de dupla diplomação.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues e à Professora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues, pela orientação excepcional, pela disponibilidade constante durante a pesquisa e pelas valiosas sugestões.

Agradeço também às técnicas e aos técnicos dos laboratórios de Solos, Zootecnia e UNIQA, Rita Diz, Ana Pinto e David Cabral, pelo apoio indispensável que forneceram. Além disso, agradeço à minha colega Soraia Raimundo por toda a assistência prestada, desde a coleta de materiais em campo até o processamento das amostras, especialmente durante os primeiros meses de adaptação a essa nova realidade.

A minha família, pai, mãe e irmãs, que sempre apoiaram desde de pequeno para realização dos meus sonhos.

Quero expressar minha gratidão aos meus irmãos nessa jornada, João Arthur Ghelen, Davi Hasse e Eduardo Cattuci, pela amizade, conselhos e apoio ao longo dessa fase.

Aos meus demais amigos, que sempre me apoiaram, e a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para esta importante etapa da minha vida, sou imensamente grato. Por fim, gostaria de agradecer a todos os outros que indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Aos meus Pais, Família e Amigos

Que me apoiaram ao longo de toda minha trajetória.

Resumo

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma importante espécie cultivada da família das oleaceae. Os principais produtores e consumidores de azeitona e azeite estão localizados na região do mediterrâneo, sendo Espanha, Grécia e Itália os principais produtores. Para Portugal a cultura tem uma grande importância econômica, sendo uma das principais culturas do país. A otimização da fertilização desempenha um papel crucial na prática agrícola, pois a disponibilidade adequada de nutrientes tem um impacto direto no crescimento das árvores e na produção dos frutos. Para isso é recomendável a utilização de análises químicas de solos e das plantas para que ocorra de fato uma boa otimização. Neste trabalho foram utilizadas duas variedades de oliveira Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) sobre solos de xisto e aplicados seis tratamentos com aplicações de fertilizantes, sendo eles, Testemunha não fertilizada (CN), aplicação de fósforo (+P), aplicação de boro (+B), aplicação de molibdênio (+Mo), testemunha fertilizada (CP) e aplicação de calcário e magnésio (CaMg), organizados em um delineamento completamente casualizado com quatro repetições. O experimento foi instalado nas estufas presentes no Instituto Politécnico de Bragança. A modalidade testemunha sem aplicação de fertilizantes (CN) obteve níveis de nitrogênio nos tecidos mais baixos, devido à baixa fertilidade, pH ácido e baixos teores de matéria orgânica do solo. O tratamento +P teve uma incrementação dos níveis de fósforo no solo, porém quando realizado a análise nas plantas, constatou-se não ter tido resultados significativos na resposta ao tratamento, isso podendo ocorrer por fatores de imobilização do fósforo no solo. A adubação com boro (+B) aumentou a concentração de boro nas plantas e no solo, e a aplicação de molibdênio (+Mo) não teve efeitos relevantes na melhoria dos valores tanto para as plantas como para o solo. O tratamento CN, teve como resultados um incremento de nitrogênio, cálcio e boro nas plantas e a redução do alumínio no solo. A aplicação do tratamento de calcário e magnésio desempenhou um papel crucial na neutralização de elementos tóxicos, como manganês e alumínio, nos solos. Além disso, os efeitos desses elementos incluem o aumento do pH, da capacidade de troca catiônica e da concentração de fósforo nos solos.

Palavras-chave: *Olea europaea*; Fertilizantes; Adubação; pH; Análise de solo; Análise de plantas;

ABSTRACT

The olive tree (*Olea europaea* L.) is an important cultivated species of the Oleaceae family. The main producers and consumers of olives and oil are located in the Mediterranean region, with Spain, Greece and Italy being the main producers. For Portugal, this species has a great economic importance, being one of the main crops of the country. Optimizing fertilization plays a crucial role in agricultural practice, as adequate nutrient availability has a direct impact on tree growth and fruit production. For this, it is recommended to use chemical analyzes of soils and plants so that a good optimization can actually be conducted. In this study, two varieties, Cobrançosa (COB) and Arbequina (ARB), of olive were grown in an acid soil and under six fertilizer treatments, namely phosphorus (+P), boron (+B), molybdenum (+Mo) and limestone and magnesium (CaMg) application, an unfertilized control (CN) and a full fertilized control (CP), with the application of all the above mentioned fertilizers. The experiment was arranged in a completely randomized design with four replications and was carried out in a greenhouse at the Polytechnic Institute of Bragança. The control treatment (CN) recorded lower levels of nitrogen in plant tissues, due to low soil fertility, acidic pH and low levels of soil organic matter. The +P treatment increased phosphorus levels in the soil, but not P concentration in plant tissues, this may be due to immobilization factors of phosphorus in the soil. Fertilization with boron (+B) increased boron concentration in plants and soil, and the application of molybdenum (+Mo) had no relevant effects in improving values for both plants and soil. The CN treatment resulted in an increase in phosphorus, calcium and boron in the plants and a reduction in aluminum in the soil. The application of limestone and magnesium played a crucial role in neutralizing toxic elements such as manganese and aluminum in soils. In addition, the effects of these elements include increasing pH, cation exchange capacity and phosphorus concentration in the soil.

Keywords: *Olea europaea*; fertilizers; Fertilizing; pH; Soil analysis; Plant analysis;

Lista de tabelas

Tabela 1: Produção de azeitona em Portugal.	9
Tabela 2: Produção de azeitona no Brasil.	10
Tabela 3: Propriedades do solo em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	37
Tabela 4: Propriedades do solo em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	39
Tabela 5: Matéria seca nos tecidos da cultivar Cobrançosa em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	40
Tabela 6: Matéria seca nos tecidos da cultivar Arbequina em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	40

Lista de Figuras

Figura 1: Principais produtores de oliva.....	9
Figura 2: Preparação de amostras e equipamento para medição de pH.....	18
Figura 3: Agitador magnético.....	19
Figura 4: Equipamento para medição de teores de potássio, espectrofotômetro de chama (A), e equipamento para medição de teores de fósforo, espectrofotômetro UV/VIS T80 PG (B).	20
Figura 5: Equipamento utilizado para medir a absorbância de boro, espectrofotômetro UV/VIS 430 nm.	21
Figura 6: Equipamento para medição de nitrogênio, Kjeltex TM 8400 Analyser unit FOSS.	22
Figura 7: Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.	24
Figura 8: Concentração de boro (b), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.....	26
Figura 9: Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos caules nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.	28
Figura 10: Concentração de boro (b), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nos caules nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras	

iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias. 30

Figura 11: Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas raízes nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias. 32

Figura 12: Concentração de boro (b), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas raízes nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias..... 34

Figura 13: Concentração de alumínio (Al) nas raízes nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.... 35

Sumário

1	Introdução	5
2	Referencial Teórico	7
2.1	A cultura da oliveira	7
2.2	A economia da oliveira	8
2.3	Necessidade nutricional da oliveira	10
2.4	pH do solo	12
2.5	Processos de acidificação do solo	12
2.6	Efeito do pH na solubilidade dos nutrientes	13
2.7	Mecanismos de adaptação das plantas a solos ácidos	14
2.8	Correção de solos ácidos.....	14
3	Materiais e Métodos	16
3.1	Caracterização do local	16
3.2	Condução do experimento.....	16
3.3	Determinações laboratoriais.....	18
3.3.1	Amostras de solos	18
3.3.1.1	pH	18
3.3.1.2	Acidez de troca.....	19
3.3.1.3	Fósforo e potássio extraíveis.....	19
3.3.1.4	Cobre, ferro, zinco e manganês	20
3.3.1.5	Boro	20
3.3.2	Amostras de plantas.....	21
3.3.2.1	Nitrogênio	21
3.3.2.2	Fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês.....	22
4	Tratamentos estatísticos.....	22
5	Resultados	23
5.1	Plantas	23
5.1.1	Concentração de macronutrientes nas folhas	23

5.1.2	Concentração de micronutrientes nas folhas	25
5.1.3	Concentração de macronutrientes nos caules.....	27
5.1.4	Concentração de micronutrientes nos caules.....	29
5.1.5	Concentração de macronutrientes nas raízes.....	31
5.1.6	Concentração de micronutrientes nas raízes.....	33
5.1.7	Concentração de alumínio nas raízes.....	35
5.2	Propriedades do solo	36
5.2.1	Produção de matéria seca.....	39
6	Discussão.....	41
7	Conclusão	43
8	Referências.....	44

1 Introdução

A oliveira (*Olea europaea* L.), é uma planta pertencente à família das oleaceae, sendo originada na região mediterrânea e principalmente onde está localizada a Síria e a Palestina (EMBRAPA, 2009).

A oliveira é considerada como uma planta bastante rústica. Para Santos e Ramos (1987), as oliveiras conseguem assegurar a sua perenidade a partir dos rebentos de seu caule e quando cultivadas em solos muito pobres ou se o ano teve baixo índice pluviométrico, a oliveira ainda assim consegue frutificar.

No processo de industrialização, diferentes tipos de subprodutos são obtidos a partir da oliveira, sendo que cada um apresenta sua aplicação prática, como fármacos naturais, produzidos através dos compostos secundários da planta, cosméticos, e para o seu principal uso, a área alimentar, como produção de azeite, considerado um dos principais óleos alimentares que existem no mercado e também a azeitona em conservas (MARTÍNEZ et al., 2021).

Sobre a economia relacionada a oliveira, os principais produtores e consumidores da cultura estão localizados na região do mediterrâneo, onde os que mais se destacam pela produção são a Espanha, a Grécia e a Itália.

Para Portugal, a cultura apresenta uma grande importância econômica, sendo considerada uma das principais culturas cultivadas no país. Segundo a FAO durante a safra de 2021, Portugal teve uma área de cultivo de 380.410 hectares, com uma produção de 36.165 kg ha⁻¹ de azeitonas, onde serão destinadas para fabricação de óleos, conservas e também alguns casos de comércio *in natura*.

A adubação realizada na cultura é recomendada através da execução antecedente de análises de solo e também análises nutricionais das folhas. Segundo Arrobas e Rodrigues (2013), mesmo com a realização das análises de solos e folhas, é uma tarefa sensível, necessitando de um conjunto de fatores que nem sempre são possíveis controlar. Segundo Milheiro (1982), um hectare de oliveiras exporta por ano uma quantidade de 17 a 33 kg de nitrogênio, 8 a 20 kg de P₂O₅ e 20 a 50 kg de K₂O, dependendo da produtividade do ano.

A acidez do solo é um processo natural que ocorre nos solos globais, muitas vezes estando relacionados a processos naturais como é o caso de solos cujo material de origem favorecem a acidificação, ou seja, solos que apresentam uma pobreza de elementos básicos como cálcio e o magnésio, outras formas naturais de acidificação dos solos seriam o processo de carbonatação e a chuva ácida. Porém o processo de acidificação pode ser acelerado quando

utilizadas práticas agrícolas de maneira incorreta, sendo um exemplo o uso excessivo de fertilizantes amoniacais e ureias.

Os nutrientes por sua vez têm suas características específicas quando relacionados com o pH do solo. Assim nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, molibdênio, cloro e boro são encontrados em maiores quantidades quando o pH dos solos for um pouco mais alto e alcalino, em contrapartida outros nutrientes tem uma maior afinidade quando o pH do solo está classificado com teores mais baixos e ácidos como é o caso do cobre, ferro, zinco e manganês (OLIVEIRA et al., 2005).

A solubilidade dos nutrientes quando relacionados com o pH do solo apresenta uma interação indireta, uma vez que em solos com pH mais ácido as concentrações do ion H^+ se elevam demasiadamente, o que causa uma alteração na solubilidade dos nutrientes, assim quando a solubilidade dos micronutrientes é aumentada em excesso, as plantas irão absorver demasiadamente tornando-se tóxicos, causando problemas fisiológicos, podendo causar um mau desenvolvimento e até levar a planta a morte (CAMARGOS, 2005). Em contrapartida, quando o pH do solo for mais ácido, o fósforo liga-se ao alumínio trocável (Al^{3+}) no solo causando deficiência de fósforo nas plantas.

Algumas espécies de plantas quando submetidas a condições de estresse prejudiciais ao seu desenvolvimento tentam, de alguma maneira, criar mecanismos de defesa. No caso de plantas que se desenvolvem em solos de pH mais ácido, elas ativam mecanismos de tolerância, podendo ser modificações na atuação de organelas e proteínas da planta, liberação de alguns compostos secundários, entre outros (RAMPIM; LANA, 2013).

Para evitarmos que as plantas sejam influenciadas negativamente por problemas relacionados à acidez do solo, deve-se realizar uma análise de solos, uma vez quando identificado à acidez, é utilizado de mecanismos corretivos, como a utilização de calcários e óxidos.

2 Referencial Teórico

2.1 A cultura da oliveira

A oliveira é uma planta de elevada relevância histórica. Foi citada em versículos da bíblia e em diversas mitologias antigas. No Livro de Gênesis a pomba enviada por Noé volta a arca segurando um ramo de oliveira indicando o fim do dilúvio (KUCUKKOMURLER, 2011).

A oliveira é uma planta angiosperma, dicotiledônea, de porte arbóreo, pertencente à família das oleáceas, que tem como local de origem a região mediterrânea, principalmente onde hoje está localizada a Síria e a Palestina (EMBRAPA, 2009).

Para Santos e Ramos (1987), a oliveira tem como características diferenciais de outras espécies a sua longevidade e sua rusticidade, sendo que ela pode assegurar sua perenidade a partir dos rebentos de seu caule mesmo que envelhecido, e se desenvolver e frutificar em regiões com muito baixa precipitação e em solos muito pobres nutricionalmente.

Uma planta de oliveira obtida por semente apresenta um sistema radicular pivotante. Porém, com o uso da técnica do transplantio, sua raiz passa a ser fasciculada. O desenvolvimento do sistema radicular também é influenciado pelas características do solo. Na base do tronco, em árvores com uma idade mais avançada, formam-se protuberâncias que lançam um novo contingente de raízes fasciculadas superficiais, ajudando na absorção de nutrientes e podendo regenerar e rejuvenescer a árvore.

O caule das oliveiras por sua vez é dividido em tronco, pernadas, ramos e ramos frutíferos. O tronco é uma parte lenhosa da planta que possui formato circular e que com o passar dos anos ganha a forma de cordões. Seu tamanho depende do solo em que a árvore está implantada. As pernadas ou ramos primários são as separações do tronco em seções menores, sendo selecionadas e orientadas em função do tipo de poda que está sendo utilizada. Das pernadas saem os ramos secundários nos quais estão inseridos os ramos frutíferos. Nestes surgem as folhas da árvore que se desenvolvem durante a primavera e o outono e cachos florais que surgem na primavera (SANTOS; RAMOS, 1987).

As folhas da oliveira desenvolveram adaptações estruturais e bioquímicas de forma a minimizar a perda de água por transpiração. São consideradas como folhagem persistente, com longevidade de 1 a 3 anos, e dimensões entre 3,0 a 8,0 cm de comprimento e 1,0 a 2,5 cm de largura. As folhas surgem nos ramos secundários da árvore, de maneira a ficarem dispostas em

cada nó de forma oposta com as folhas do outro lado do ramo. O lado adaxial da folha é de coloração verde brilhante, e o lado abaxial da folha tem uma coloração mais fosca e acinzentada.

As inflorescências da oliveira são em formato de panícula e saem a partir das axilas foliares. Dependendo da cultivar e do ano em que está sendo cultivada, cada inflorescência pode gerar de 10 a 40 flores. As flores geradas nas inflorescências podem ser hermafroditas com os estames e pistilos bem desenvolvidos, favorecendo a polinização da mesma. Entretanto, podem ser geradas flores que não apresentam essas características, não permitindo a formação do fruto, estas são chamadas de estaminíferas ou masculinas. As flores morfológicamente são consideradas como actinomorfas, apresentando o mesmo tamanho e formato em seus lados. São flores pequenas e têm em sua formação duas sépalas, quatro pétalas, dois estames e um pistilo (RODRIGUES; CORREIA, 2009).

O fruto da oliveira é considerado como uma drupa, com um mesocarpo bem desenvolvido e com alto teor de líquidos que originam o óleo da planta. Apresenta um formato ovoide a elipsoide, com uma coloração exterior do epicarpo do fruto verde quando jovem, passando por tons arroxeados chegando até a uma coloração escura quando madura. O endocarpo apresenta um caroço duro que tem como função a proteção da amêndoa/semente do fruto (SANTOS; RAMOS, 1987).

Durante o processamento da azeitona, diversos subprodutos podem ser obtidos, cada um com sua aplicação prática, podendo ser utilizados no ramo da produção de fármacos através de compostos secundários produzidos pela planta, cosméticos e principalmente no ramo alimentar como a produção de azeites. O azeite de oliva é considerado um dos melhores óleos vegetais, sendo também nesta espécie bastante valorizada a azeitona de conserva (MARTÍNEZ et al., 2021).

2.2 A economia da oliveira

De acordo com dados da FAO (FAOSTAT, 2023) a área cultivada de oliveira no mundo é de 6 milhões de hectares, sendo cerca de 98% do total produzido no mundo nos países mediterrânicos, com uma área de 5,8 milhões de hectares em cultivo, sendo os maiores países produtores na Espanha, Grécia e Itália.

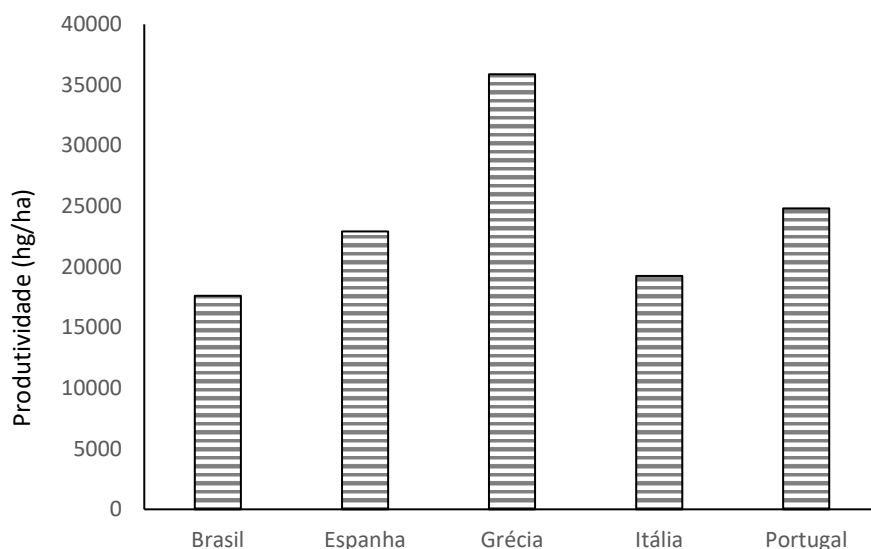


Figura 1: Principais produtores de oliva

Os principais consumidores dos produtos gerados a partir da oliveira também estão localizados na bacia do mar mediterrâneo, sendo estes países responsáveis pelo consumo de cerca de 68% do azeite produzido, pelo fato de terem maior acesso ao produto e, por ser produzido localmente, ficar com um preço mais acessível.

Para Portugal a oliveira é uma cultura de grande importância econômica. Ela é muito utilizada para produção de óleos vegetais e também para consumo de seu fruto. Segundo dados disponibilizados pela FAO (FAOSTAT, 2023), durante a safra de 2020, em uma área cultivada de 380.850 ha, a produção foi de 19.308 hg/ha (tabela 1). No ano de 2021 foi obtida uma produção de 36.165 hg/ha, tendo um acréscimo de produção entre as duas safras de 16.857 hg/ha, porém com uma área cultivada um pouco menor, de 380.410 ha. Essa enorme diferença de produção entre as safras pode ter sido devida a condições climáticas mais favoráveis em 2021 que em 2020.

Tabela 1: Produção de azeitona em Portugal.

Ano	Produção (hg/ha)	Área (ha)
2017	24456	358276
2018	20448	361180
2019	24818	378390
2020	19308	380850
2021	36165	380410

O cultivo da oliveira no Brasil é baixíssimo, dando-se que a cultura necessita de climas que estão presentes apenas em pequenos e isolados pontos no Brasil. Segundo a EMBRAPA (2009), os estados do sul e do sudeste apresentam algumas plantações comerciais de oliveiras, destacando-se os estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Na safra de 2021 o Brasil teve uma área cultivada de 2000 ha, apresentando uma produtividade de um pouco mais de 16.110 hg/ha (tabela 2).

Conseqüentemente, apresentando baixa produção e uma necessidade de consumo mais elevada, o Brasil acaba importando os produtos da oliveira, sendo considerado em 2008 o quinto maior importador de azeite de oliva do mundo e o quarto maior importador de azeitona de mesa.

Tabela 2: Produção de azeitona no Brasil.

Ano	Produção (hg/ha)	Área (ha)
2017	13214	946
2018	14516	1116
2019	17602	1418
2020	13997	1894
2021	16110	2121

2.3 Necessidade nutricional da oliveira

A oliveira, como as demais plantas, para se desenvolverem adequadamente necessitam de um conjunto de elementos, sendo no total dezessete, que se designam de elementos essenciais. Eles podem ser agrupados em função da quantidade necessária às plantas, sendo chamados de macronutrientes principais os que são necessários em maior quantidade e que normalmente não se encontram no solo em quantidades adequadas. Nitrogênio, fósforo e potássio constituem este grupo. Outros são necessários em menor quantidade e são chamados micronutrientes, como ferro, boro e zinco. Porém são todos essenciais, isto é, todos são necessários para que a planta possa crescer e se desenvolver (ARROBAS; RODRIGUES, 2013). Os elementos essenciais podem ser disponibilizados a planta através da solução do solo e eventualmente também através da atmosfera.

Para se ter uma base de como proceder a fertilização das culturas, é essencial que se realizem análises químicas aos solos. Estas permitem determinar a disponibilidade potencial dos

elementos no solo e identificar fatores que afetem a sua disponibilização para as plantas (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). A análise é composta por duas etapas. A primeira consiste na extração, onde são utilizadas substâncias extratoras cujos resultados se possam correlacionar com a absorção dos nutrientes pelas plantas. A segunda etapa é chamada de quantificação, onde é realizada a determinação dos teores dos elementos na solução através de equipamentos como o espectrofotômetro de absorção atômica (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

Nos olivais também é recomendado realizar uma análise ao estado nutricional das árvores a partir das folhas. Segundo Cavalheiro et al. (2009), a análise foliar passa por algumas etapas, sendo a primeira a escolha da área e das árvores que serão utilizadas para tal procedimento, sendo que os indivíduos que devem ser escolhidos devem ser homogêneos representar bem o restante do pomar. Nessa etapa são selecionadas 15 árvores por cada unidade experimental, sendo da mesma variedade. A segunda etapa é a colheita das amostras, podendo esta etapa ser realizada em duas datas diferentes, a primeira durante o repouso invernal (dezembro a janeiro), e a segunda durante o endurecimento do caroço que acontece durante os meses de julho a agosto. Colhem-se as folhas completamente desenvolvidas do terço médio do ramo do ano e descartando folhas imperfeitas. Após coleta, as amostras de folhas são enviadas para o laboratório o mais rapidamente possível. Nestas análises determina-se a composição elementar dos tecidos, designadamente nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre, boro e eventualmente outros.

A adubação das oliveiras, mesmo com a realização das análises de solos e das folhas, é uma tarefa sensível. Alguns estudos realizados por Arrobas e Rodrigues (2013) na região de Trás-os-Montes, Norte de Portugal, com a cultivar Cobrançosa, indicaram como recomendável o uso de 60 unidades de nitrogênio em olival adulto (aproximadamente 300 kg/ha de adubo com 20,5% de nitrogênio), 2 unidades de boro (75 a 100 g por árvore). Se o pomar for mais jovem, os valores de nutrientes a serem aplicados serão proporcionalmente menores, em função da dimensão da copa. Em um pomar de 10 anos, por exemplo, poderão utiliza-se cerca de 15 unidades nitrogênio (aproximadamente 75 kg/ha de fertilizante azotado com 20,5% de nitrogênio).

Segundo Milheiro (1982), um hectare de olival exporta por ano uma quantidade de 17 a 33 kg de nitrogênio, 8 a 20 kg de fósforo (expresso como P_2O_5) e 20 a 50 kg de potássio (expresso como K_2O).

Tratando-se de uma espécie arbórea, seria ideal realizar a incorporação dos nutrientes até uma camada de 40 cm de profundidade, se o solo permitir (EMBRAPA, 2009).

2.4 pH do solo

O pH ou reação do solo é uma medida que demonstra o nível de acidez de um solo. Este sendo medido em uma escala que varia entre 0 a 14, em que solos com pH igual a 7 são considerados neutros, abaixo de 7 classificados como ácidos e a cima de 7 como alcalinos.

Os nutrientes por sua vez têm suas características específicas quando relacionados com o pH do solo. Assim nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, molibdênio, cloro e boro são encontrados em maiores quantidades quando o pH dos solos for pouco ácido a alcalino. Em contrapartida outros nutrientes têm maior biodisponibilidade quando o pH do solo está classificado como ácido, como é o caso de cobre, ferro, zinco e manganês (OLIVEIRA et al., 2005).

O pH do solo muitas vezes além de estar relacionado com a disponibilidade e solubilidade de nutrientes para as plantas, também está associado com as transformações químicas dos próprios nutrientes, com a atividade dos micro-organismos do solo, como a capacidade de troca catiônica, a fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas, etc. (CAMARGOS, 2005).

2.5 Processos de acidificação do solo

A acidificação de um solo é um processo natural, porém pode ser acelerado com sistemas e práticas agrícolas que são aplicados no uso do solo.

A origem da acidez do solo pode estar relacionada ao seu material de origem, quando este tem uma pobreza de elementos básicos como cálcio, magnésio, potássio e sódio, e/ou aos processos que fazem com que as bases do material originário sejam removidas ou perdidas. Existem alguns processos comuns de acidificação de um solo, como através da carbonatação, onde os íons de CO_3^{2-} e HCO_3^- , que estão conectados diretamente com o CO_2 ligados com ar ou água, formam o ácido carbônico. Contudo, este por ser um ácido fraco não pode ser responsabilizado pela diminuição excessiva dos níveis de pH do solo (OLIVEIRA et al., 2005). A segunda maneira seria através da adubação excessiva com fertilizantes amoniacais e ureias, liberando através de seu processo de transformação pelos microrganismos íons de H^+ , nas camadas mais superficiais do solo. Outra maneira de acidificação dos solos pode ser através da hidrólise do alumínio, em que o elemento entrando em contato com a água forma óxido de alumínio liberando H^+ no solo (LOPES et al., 1991).

A chuva ácida também pode estar ligada a fenômenos de acidificação dos solos, podendo ocorrer de forma natural e espontânea através da liberação de gases à base de dióxido de enxofre por processos biológicos que ocorrem tanto nos continentes como no oceano ou através da erupção de vulcões. As chuvas ácidas também podem estar relacionadas diretamente com a atividade do ser humano, sendo neste caso consideradas como antropogênicas, ocorrendo sobretudo devido à utilização de máquinas e pela queima de combustíveis fósseis, em que se liberam gases tóxicos como o dióxido de enxofre e outros, que quando entram em contato com moléculas de água na atmosfera geram como produto ácidos, tais como o ácido sulfúrico (H_2SO_4), entrando em precipitação e conseqüentemente acidificando os solo (CARMO et al., 2016).

2.6 Efeito do pH na solubilidade dos nutrientes

O pH do solo está relacionado indiretamente com a solubilidade dos nutrientes no solo, uma vez que em solos com pH mais ácido as concentrações do ion H^+ se elevam demasiadamente, o que causa uma alteração na solubilidade dos nutrientes. Quando aumenta a solubilidade de micronutrientes, e estes são absorvidos em excesso pelas plantas tornam-se tóxicos, causando problemas fisiológicos podendo causar um mau desenvolvimento e até levar a planta a morte (CAMARGOS, 2005).

Por outro lado, quando o pH é demasiadamente ácido, o fósforo liga-se ao alumínio trocável (Al^{3+}) no solo causando deficiência de fósforo nas plantas. Se as concentrações de alumínio forem muito elevadas, pode também ocorrer toxicidade das plantas provocada pelo alumínio.

A solubilidade dos macronutrientes tende a estar relacionada ao pH dos solos, sendo que quanto mais próximo o pH fica da neutralidade, mais alto é o aproveitamento dos macronutrientes. Estando mais solúveis são mais facilmente absorvidos pelas plantas. Quando o pH baixa, elementos como fósforo, cálcio e magnésio tornam-se menos solúveis ficando retidos nos solos por mecanismos diversos.

Para Santos et al. (2020) a disponibilidade dos micronutrientes está totalmente relacionada ao pH dos solos, sendo que a deficiência de um deles pode acarretar em perdas de produtividade. Cada micronutriente apresenta um comportamento diferenciado relativamente ao pH do solo. O molibdênio e o cloro, por exemplo, aumentam a sua solubilidade à medida que aumenta o pH do solo. No caso do boro a solubilidade é maior quando o pH fica próximo da

neutralidade. Micronutrientes como cobre, zinco, manganês e ferro ficam mais disponíveis e solúveis quando o pH está mais ácido.

2.7 Mecanismos de adaptação das plantas a solos ácidos

Um dos principais fatores que limita o desenvolvimento e a produção das plantas em solos ácidos é a toxicidade de alumínio.

As plantas quando submetidas a condições de estresse prejudiciais ao seu desenvolvimento tentam, de alguma maneira, criar mecanismos de defesa. No caso de plantas que se desenvolvem em solos de pH mais ácido, elas ativam mecanismos de tolerância, sendo esses classificados em mecanismos internos e externos.

O mecanismo classificado como externo age de forma a impedir que o alumínio atravessasse a membrana plasmática, não o deixando chegar ao simplasto. Já os mecanismos classificados como internos atuam de diversas formas, sendo elas a produção de quelatos no citosol, a compartimentalização do alumínio nos vacúolos, alumínio ligado a proteínas, atuação de enzimas tolerantes ao alumínio, entre outros. A formação de quelatos no citosol faz com que o alumínio fique inativo em formas não tóxicas nas folhas. A compartimentalização no vacúolo faz que o alumínio fique isolado nos vacúolos das células da planta. Os casos do alumínio ligado a proteínas e enzimas tolerantes são bem autoexplicativos, onde no primeiro ocorre a captação do alumínio por proteínas que não sofrem danos pela sua presença e no segundo existem enzimas que mesmo na presença do alumínio funcionam de maneira correta (RAMPIM; LANA, 2013).

Também pode ser induzida tolerância das plantas a fatores relacionados a acidez dos solos pelo melhoramento genético. É feita a introdução de genes que favorecem a tolerância da planta ao estresse e promovem a sua produtividade.

2.8 Correção de solos ácidos

A definição da correção de solos consiste em ter uma base capaz de neutralizar a acidez do solo, disponibilizando diretamente alguns nutrientes como cálcio e magnésio ao solo, e permitindo que outros nutrientes já presentes no sistema se tornem mais disponíveis podendo ser utilizados pelas plantas.

Antes de ser realizada a prática da correção da acidez dos solos é necessário efetuar uma análise química dos mesmos para saber quais são os níveis de toxicidade que a acidez está causando ao solo, e também saber qual produto será mais eficiente para aplicação, tanto em questão de aumentar o pH como para ajudar a elevar a saturação por bases.

Existem diferentes tipos de corretores de solo, como por exemplo, calcários, óxidos de cálcio, cal, entre outros.

Os corretores de solo mais utilizados para a função são geralmente os calcários, obtidos de rocha calcária, sendo classificados como calcíticos (CaCO_3) ou dolomíticos (MgCO_3) dependendo dos teores de magnésio presentes em sua composição química. Quando os teores de magnésio são inferiores a 10% são classificados como calcíticos, quando os valores se encontram entre 10% a 25% são classificados como magnesianos, e quando superiores a 25% são classificados como dolomíticos (ALCARDE, 2005).

Os métodos de aplicação do calcário variam de acordo com o tipo de solo. Quando o solo é considerado arenoso, são realizadas aplicações mais frequentes em doses menores, pelo fato de ocorrer mais facilmente processos naturais como a lixiviação. Já em solos argilosos acontece o contrário, sendo realizadas aplicações com doses mais elevadas, porém com um período de tempo entre as aplicações maior. Também é importante levar em conta que após aplicação do calcário pode levar cerca de 3 a 6 meses para que seu efeito ocorra, tendo por referência que o produto é aplicado na camada superficial em torno de 0,20 m.

Também deve-se ter cuidado na dosagem de aplicação do calcário, pois com doses muito elevadas é provável que ocorra um incremento muito elevado dos níveis de cálcio e magnésio, assim dificultando que a planta absorva outros nutrientes como o potássio.

Quando ocorre a presença de alumínio tóxico em profundidades mais elevadas, pode aplicar-se gesso agrícola para a sua neutralização. Porém o gesso não é considerado um corretivo, uma vez que não é capaz de liberar íons como OH^- para a neutralização do pH.

3 Materiais e Métodos

3.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido na área experimental presente no Campus de Santa Apolónia do Instituto Politécnico de Bragança, localizado no município de Bragança, no nordeste de Portugal, apresentando como coordenadas geográficas: latitude de 41° 47' 50'' N; e longitude de 6° 45' 57'' W. O local encontra-se a uma altitude aproximada de 677 m. O experimento decorreu desde novembro de 2020 até outubro de 2022.

As análises foram realizadas nos laboratórios de Solos e do Centro de investigação da montanha) do Instituto Politécnico de Bragança.

O clima presente na região em que foi implantado o experimento, segundo a classificação Koppen, é caracterizado como mediterrânico (Csb), com uma temperatura média estimada de 11.5 °C e pluviosidade média de 720 mm anual (MENEZES, 2017)

O solo usado no experimento foi obtido em um talhão sem cultivo nos anos recentes. Foi amostrada a camada superficial (0-20 cm), devidamente homogeneizada e crivada, e o solo colocado posteriormente nos vasos.

3.2 Condução do experimento

O estudo consistiu em dois experimentos organizados de forma completamente casualizada. Em um dos estudos foi utilizada a cultivar Cobrançosa, cultivada em grande extensão no norte de Portugal onde predominam os solos ácidos, e no outro a cultivar Arbequina, amplamente difundida no sul de Espanha, onde os solos tendem a ter pH mais elevado.

Em ambos os experimentos foram incluídos seis tratamentos, correspondentes a: i) aplicação de calcário e magnésio (CaMg); ii) aplicação de fósforo (+P); iii) aplicação de molibdénio (+Mo); iv) aplicação de boro (+B); v) controlo positivo (CP), com aplicação de todos os nutrientes referidos; e vi) controlo negativo (CN), sem adição de fertilização. De todos os tratamentos foram incluídas três repetições (três vasos).

No tratamento CaMg foi aplicado cálcio, na forma CaCO_3 à razão de 5 Mg ha⁻¹ (7,5 g vaso⁻¹, CaCO_3), e magnésio da forma de sulfato de magnésio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) na dose de 15 kg ha⁻¹ de magnésio (0,125 g vaso⁻¹). O fósforo foi aplicado na forma de ácido ortofosfórico

(H_3PO_4) e na dose correspondente a 30 kg ha^{-1} (P_2O_5), ou seja $0,115 \text{ g vaso}^{-1}$. O molibdênio foi usado na forma heptamolibdato de amônio ($H_{24}Mo_7N_6O_{24}.4H_2O$) e aplicado à razão de 200 g ha^{-1} , ou seja, $1,7 \text{ mg vaso}^{-1}$. O boro foi aplicado na forma de ácido bórico (H_3BO_3) na dose de 1 kg ha^{-1} , correspondendo a $8,3 \text{ mg vaso}^{-1}$. No tratamento CP usaram-se todos os fertilizantes referidos anteriormente e no tratamento CN não foi utilizado qualquer tipo de fertilizante.

Todos os tratamentos excluindo CN levaram nitrogênio e potássio com o objetivo que não fossem estes nutrientes a limitar o crescimento das plantas. O nitrogênio aplicou-se na forma de nitrato de amônio à razão de 60 kg ha^{-1} , dividido por três aplicações anuais de 20 kg ha^{-1} , o que corresponde a $0,1 \text{ g vaso}^{-1}$ de N. No caso do potássio aplicaram-se 30 kg ha^{-1} na forma de cloreto de potássio. Em cada vaso aplicaram-se $0,045 \text{ g}$ de potássio. Os cálculos da aplicação dos adubos tiveram por base o peso de terra por vaso (3 kg) e que em um existem aproximadamente 2000000 kg de terra fina e que a estas jovens plantas se distribuem nos vasos de forma equivalente a $120\ 000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

Após o início do experimento as plantas foram colocadas numa bancada numa estufa de cobertura de policarbonato de parede dupla. Nas primeiras semanas sempre que surgiam ervas daninhas eram arrancadas de imediato. Durante todo o período experimental, as plantas foram regadas de forma a manter o solo húmido, mas sem excesso de humidade. A quantidade de água aplicada dependeu da estação do ano e, de maneira geral, da temperatura ambiente, mas também do nível de desenvolvimento das plantas, sendo estas as principais variáveis que determinam a evapotranspiração.

Para coleta do material produzido, foi realizado manualmente a retirada das plantas dos vasos, separando material vegetal do solo. Já com o material no local utilizado para recepção e beneficiamento dos experimentos, separou-se o material vegetal em folhas, caules e raízes, que foram secos em estufa e realizado a pesagem individual de cada componente por tratamento. Após se ter o peso seco dos tratamentos, foi realizado a maceração dos tecidos vegetais por ordem dos tratamentos, preparando os mesmos para as análises laboratoriais. Os solos, também foram secos em estufa e realizado a crivagem e pesagem das amostras pelos tratamentos do trabalho.

3.3 Determinações laboratoriais

3.3.1 Amostras de solos

3.3.1.1 pH

A determinação de pH em água foi realizada a partir de uma proporção de 1 para 1,25 (p/v), consistente entre solo e água, após agitação de duas horas. Também foi determinado o pH em cloreto de potássio, utilizando uma proporção de 1 para 2,5 (p/v) de solo e 1M de KCl, após ser agitado por um período de duas horas.

A leitura dos resultados obtidos foi feita através do método de potenciometria.



Figura 2: Preparação de amostras e equipamento para medição de pH.

3.3.1.2 Acidez de troca

Para determinar a acidez de troca do solo, adicionou-se 10 gramas de amostra de solo a 100 ml de uma solução de KCl 1M e agitou-se por 30 minutos. Após filtrada a suspensão, fez-se uma titulação com NaOH 0,1 M, usando fenolftaleína como indicador.



Figura 3: Agitador magnético.

3.3.1.3 Fósforo e potássio extraíveis

Os teores de fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) extraíveis foram determinados utilizando o método de Egner-Riehm, que consiste em misturar uma amostra de solo com uma solução de lactato de amônio e ácido acético, em proporção 1:20 (p/v), tamponada a pH 3,5, agitando por duas horas e, em seguida, filtrando a solução. O teor de fósforo foi medido por espectrofotometria UV/VIS, a uma frequência de 882 nm, após desenvolvimento de cor pelo método do ácido ascórbico. Esse método consiste na formação de um complexo ácido fosfomolibdênico que é reduzido a azul-fosfo-molibdênico na presença de ácido ascórbico (Van Reeuwijk, 2002). Para determinar o teor de potássio, foi realizada a fotometria de chama, utilizando o equipamento espectrofotômetro de chama Jenway. O equipamento utilizado para a medição do teor de fósforo foi o espectrofotômetro UV/VIS T80 PG Instrument Lda.



Figura 4: Equipamento para medição de teores de potássio (A), e equipamento para medição de teores de fósforo (B).

3.3.1.4 Cobre, ferro, zinco e manganês

Os teores dos elementos ferro, cobre, zinco e manganês foram determinados usando uma solução extratora de acetato de amônio, ácido acético e ácido etileno diaminotetracético. A quantificação foi realizada por espectrometria de absorção atômica, conforme descrito por Lakanen e Ervio (1971), utilizando o equipamento PYE Unicam PU 9100X.

3.3.1.5 Boro

O boro foi extraído do solo pelo método de água fervente na presença de CaCl_2 0,1M e, em seguida, quantificado por meio do método colorimétrico utilizando a azometina-H como reagente de desenvolvimento de cor. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV/VIS, a uma frequência de 430 nm.



Figura 5: Equipamento utilizado para medir a absorvância de boro.

3.3.2 Amostras de plantas

3.3.2.1 Nitrogênio

Para a determinação do teor de nitrogênio nas amostras de tecido vegetal, pesou-se 1 grama de amostra e transferiu-se para tubos de digestão para equipamentos Kjeldahl, que foram colocados em um suporte de alumínio com capacidade para 20 frascos. Em seguida, adicionaram-se duas pastilhas de um catalisador (selênio) e 15 ml de ácido sulfúrico concentrado (95-97%) e aqueceram-se as amostras a 400 °C durante 40 minutos. Após o período de digestão, deixou-se esfriar e transferiu-se o tubo de digestão para um equipamento automático de análise, ao qual foi adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio. A amônia formada foi arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico em um vaso contendo uma solução receptora de ácido bórico e indicadores (Bremner, 1996).



Figura 6: Equipamento para medição de nitrogênio.

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

Foram pesadas 0,25 g das amostras e transferidas para tubos de digestão. Em seguida, adicionou-se 10 ml de ácido nítrico nos tubos, que foram fechados e levados para digestão em micro-ondas MARSXpress. Após a digestão, o líquido foi transferido para um tubo de 50 ml e completado com água deionizada. Os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês foram quantificados por espectrometria de absorção atômica em um equipamento PYE Unicam PU 9100X. Para a determinação do fósforo, adicionou-se 4,0 ml da solução molibdato de amônio azul com ácido ascórbico após a diluição. Após 35 minutos, as leituras de absorbância foram realizadas em um espectrofotômetro a um comprimento de onda de 882 nm.

4 Tratamentos estatísticos

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância e ANOVA unidirecional na plataforma SPSS. Quando se registavam diferenças significativas ($P < 0,05$) as médias eram separadas pelo teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

5 Resultados

5.1 Plantas

5.1.1 Concentração de macronutrientes nas folhas

A concentração de macronutrientes presente nas folhas para cada variedade em função dos tratamentos fertilizantes é apresentada na figura 8. Para a cultivar Cobrançosa cultivada em solos de xisto, a maior média para a concentração de nitrogênio foi observada no tratamento +Mo, mas não apresentando diferença significativa dos demais tratamentos exceto de CN, o qual registou as médias mais baixas. A tendência parece ter-se mantido para a cultivar Arbequina, com diferenças entre tratamentos ainda mais marcadas.

Os teores de fósforo nas folhas não diferiram significativamente entre tratamentos na cultivar Cobrançosa. Para a cultivar Arbequina, a maior média foi observada no tratamento CP diferenciando-se significativamente apenas do tratamento +B, que obteve a menor média.

O potássio, quando analisado os resultados da cultivar Cobrançosa, observou-se a maior média no tratamento CN, diferenciando-se significativamente do valor registrado no tratamento CP. Para a variedade Arbequina, não houve diferença significativa entre os tratamentos fertilizantes.

Para o cálcio, as maiores médias obtidas, tanto para a cultivar Cobrançosa quanto para a cultivar Arbequina, foram no tratamento CaMg, e diferentes significativamente de alguns tratamentos que não receberam Ca.

O magnésio não apresentou diferenças significativas entre tratamentos para qualquer uma das cultivares, mantendo-se os valores médios ligeiramente acima de 1 g kg^{-1} .

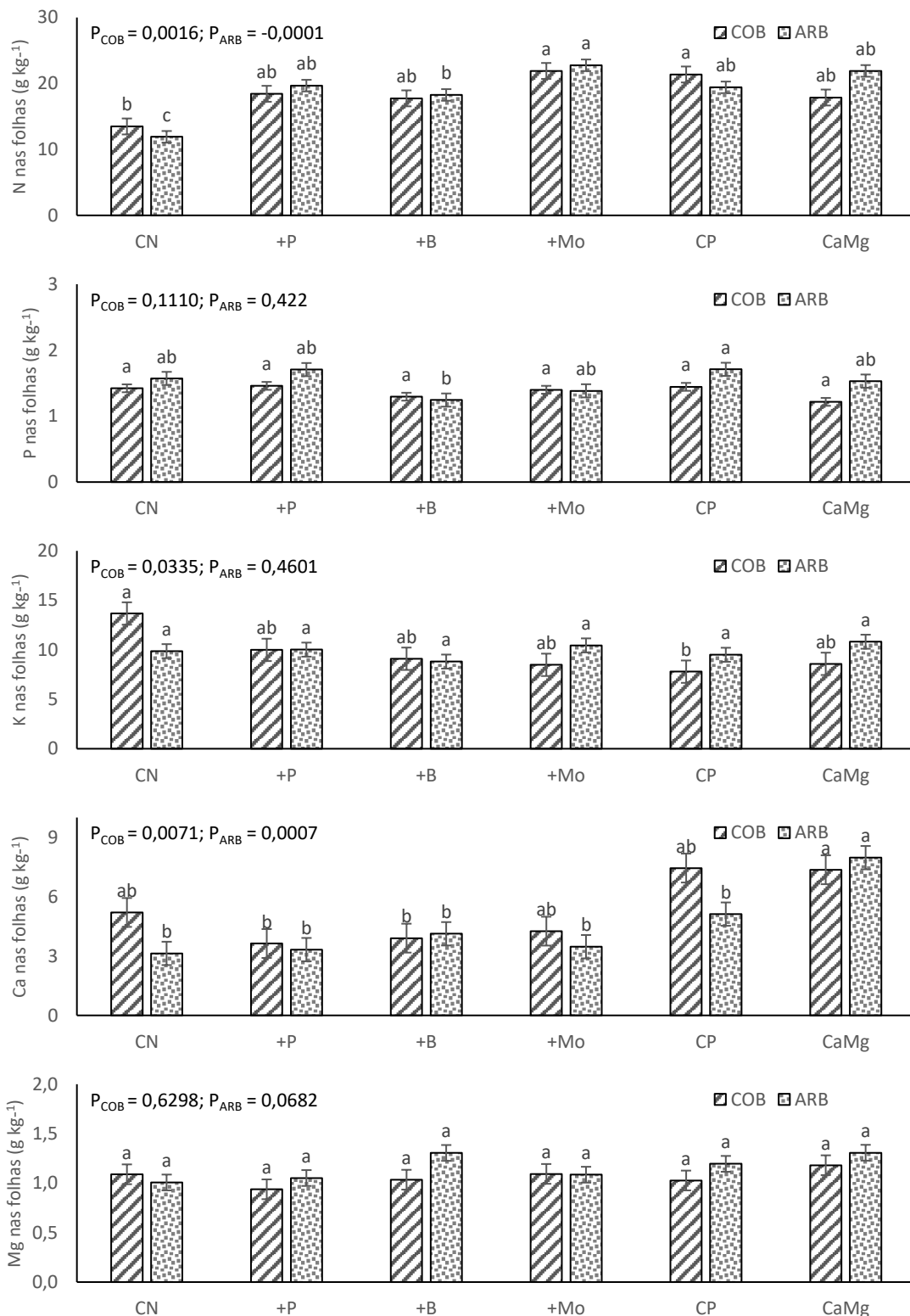


Figura 7: Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.1.2 Concentração de micronutrientes nas folhas

A concentração de micronutrientes presentes nas folhas para cada cultivar em função dos tratamentos fertilizantes é apresentada na figura 9. Para a concentração de boro nas folhas em plantas da cultivar Cobrançosa, o tratamento que apresentou maior média foi +B, embora sem diferença significativa para o tratamento CaMg. Na cultivar Arbequina, a maior média observada foi no tratamento CP não diferindo, contudo, da do tratamento +B.

A concentração de ferro nas folhas, na cultivar Cobrançosa, foi mais elevada no tratamento CN, porém não se diferenciando dos tratamentos +P e CP. Para a cultivar Arbequina, a média que se destaca foi encontrada no tratamento +B, sendo amplamente superior às demais.

A concentração de manganês presente nas folhas na cultivar Cobrançosa, registou maior média no tratamento +B, seguida pelos tratamentos +P e +Mo, e diferenciando-se de CN e CaMg. Já para a cultivar Arbequina, os tratamentos +P e +B apresentaram as maiores médias, porém não se diferenciando dos tratamentos +Mo e CN.

Para o zinco, quando analisada a figura para a cultivar Cobrançosa, a maior média obtida foi no tratamento +B, não diferenciando-se dos tratamentos CN e CaMg. Para a cultivar Arbequina, obteve-se a maior média no tratamento CP, não se diferenciando do tratamento +B.

A concentração de cobre nas folhas na cultivar Cobrançosa foi mais elevada no tratamento +Mo, não se diferenciando, contudo, da do tratamento +P. Para a cultivar Arbequina, a maior média também foi obtida no tratamento +Mo a qual não se diferenciou dos tratamentos +P e CN.

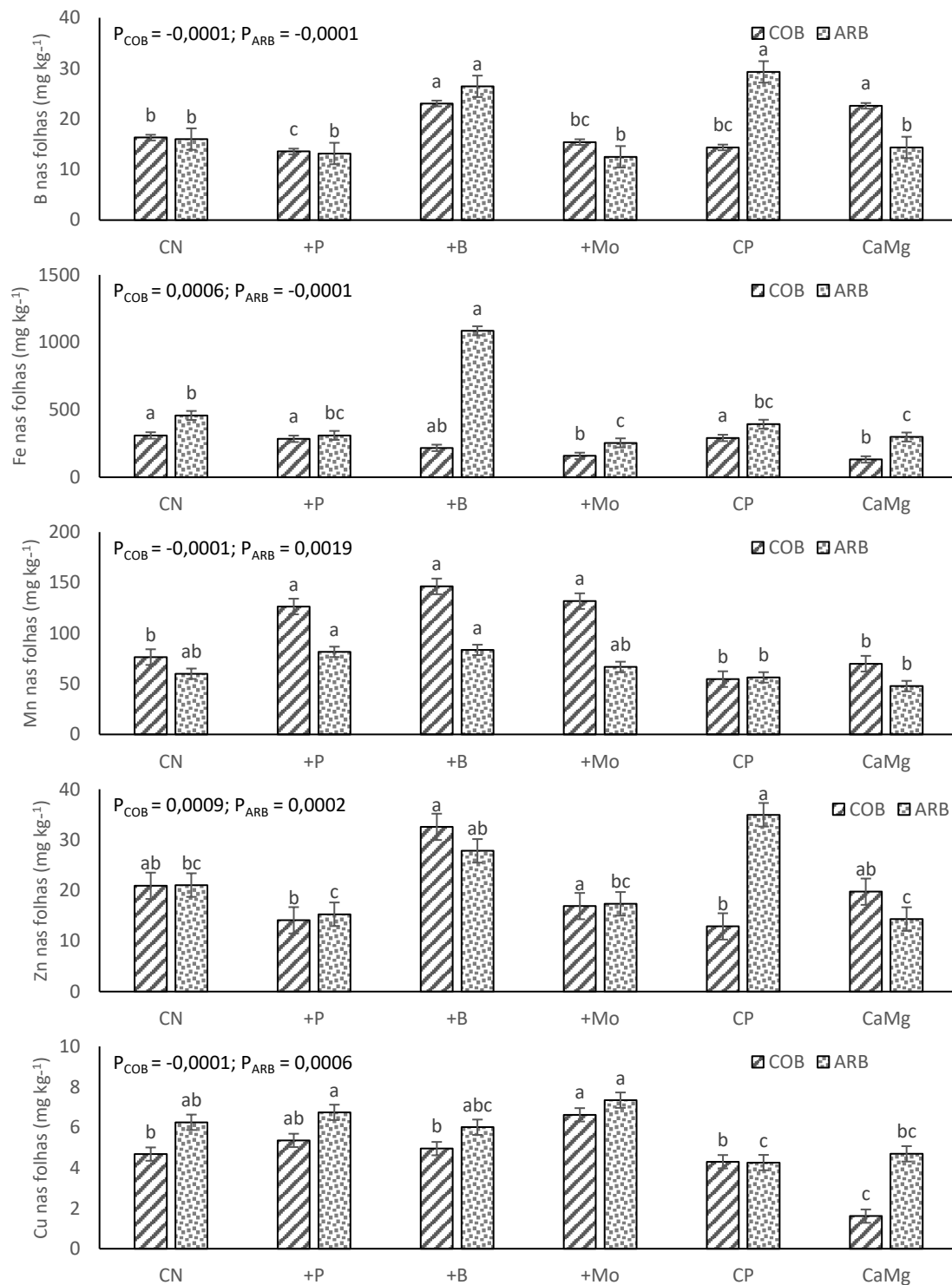


Figura 8: Concentração de boro (b), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas nas variedades Cobrançosa (COB) e Aréquina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.1.3 Concentração de macronutrientes nos caules

A concentração de macronutrientes nos caules das jovens plantas de oliveira para cada variedade em função dos tratamentos fertilizantes é apresentada na figura 10. O nitrogênio, em plantas da cultivar Cobrançosa, registou as maiores médias no tratamento +Mo, mas diferenciando-se apenas significativamente do tratamento CN. Na cultivar Arbequina, o tratamento CN apresentou concentração média de nitrogênio nos caules significativamente mais baixa que a dos demais tratamentos.

Para o cálcio, nas plantas da cultivar Cobrançosa, todos os tratamentos obtiveram médias semelhantes. Contudo, na cultivar Arbequina registraram-se diferenças significativas entre tratamentos com a média mais elevada no tratamento CaMg e a mais baixa no tratamento +B.

Quanto a fósforo, potássio e magnésio não houve diferença significativa entre tratamentos na concentração dos elementos nos caules para qualquer uma das cultivares usadas neste estudo.

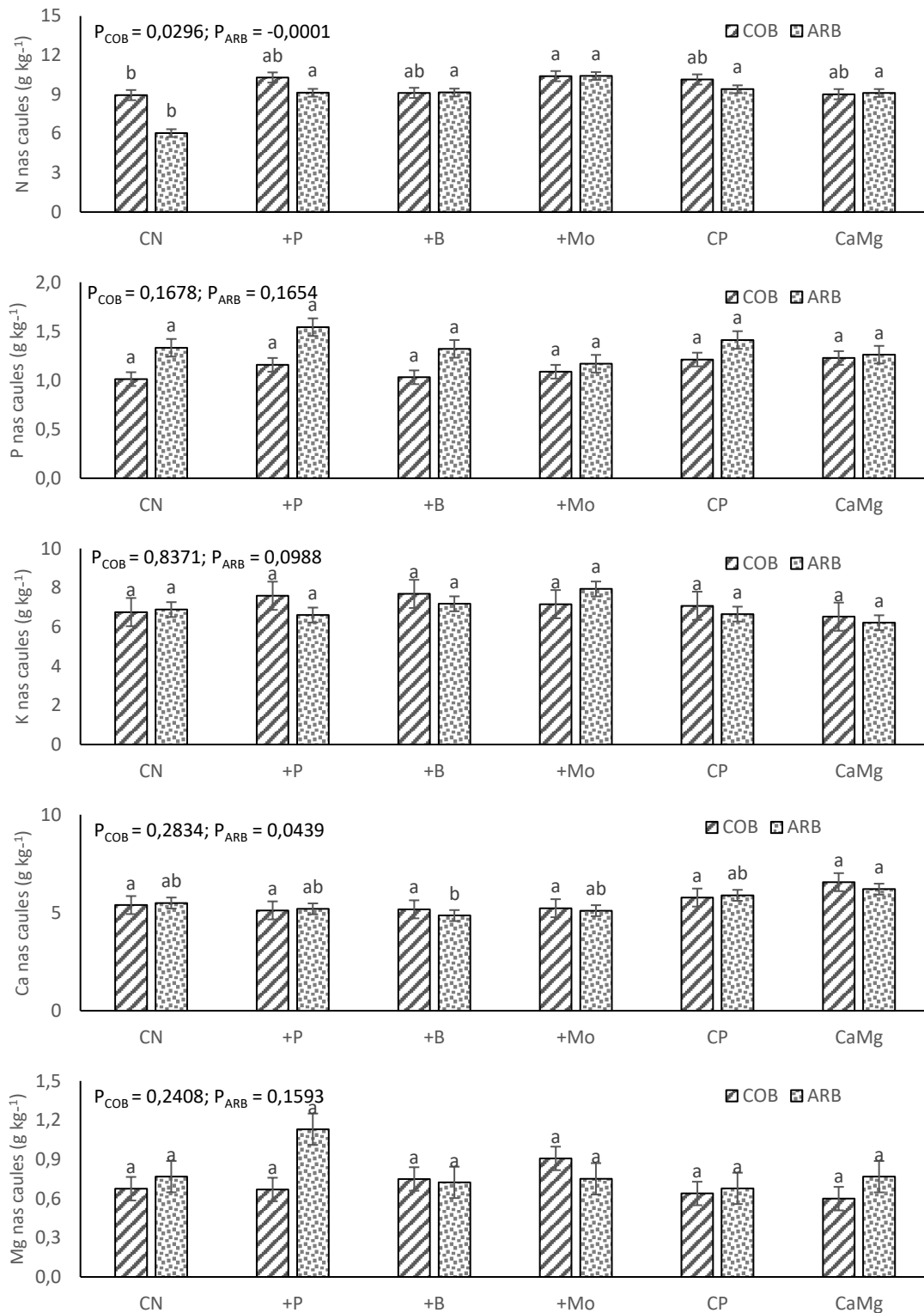


Figura 9: Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos caules nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.1.4 Concentração de micronutrientes nos caules

A concentração de micronutrientes nos caules para cada variedade em função dos tratamentos fertilizante é apresentada na figura 11. Para o boro, nas plantas da cultivar Cobrançosa, a maior média encontrada foi no tratamento +B, não se diferenciando do tratamento CaMg. Para a cultivar Arbequina, destacou-se o tratamento CP, com maior média que todos os demais tratamentos com exceção da do tratamento +B.

O ferro, na cultivar Cobrançosa, apresenta sua maior média no tratamento CN, diferenciando-se dos demais tratamentos. Para a cultivar Arbequina, o valor médio mais elevado foi observado no tratamento +P, também diferenciando-se dos demais tratamentos.

Os níveis de manganês presentes nos caules da cultivar Cobrançosa foram mais elevados no tratamento +B, embora não se diferenciando significativamente dos do tratamento CN. Já na Arbequina a maior média foi observada no tratamento +P, embora não se diferenciando da dos tratamentos +B, +Mo e CP.

Para o zinco na cultivar Cobrançosa, o tratamento que se destaca é o +B, apresentando maior média, porém não se diferencia dos tratamentos +Mo e do CN. Para a cultivar Arbequina o tratamento com a média mais elevada foi +P, diferenciando-se apenas do tratamento CP.

O cobre presente nos caules da cultivar Cobrançosa teve maior média no tratamento +B, diferenciando-se dos demais tratamentos. Para a cultivar Arbequina, a maior média foi encontrada no tratamento CN com grande diferença para os demais tratamentos.

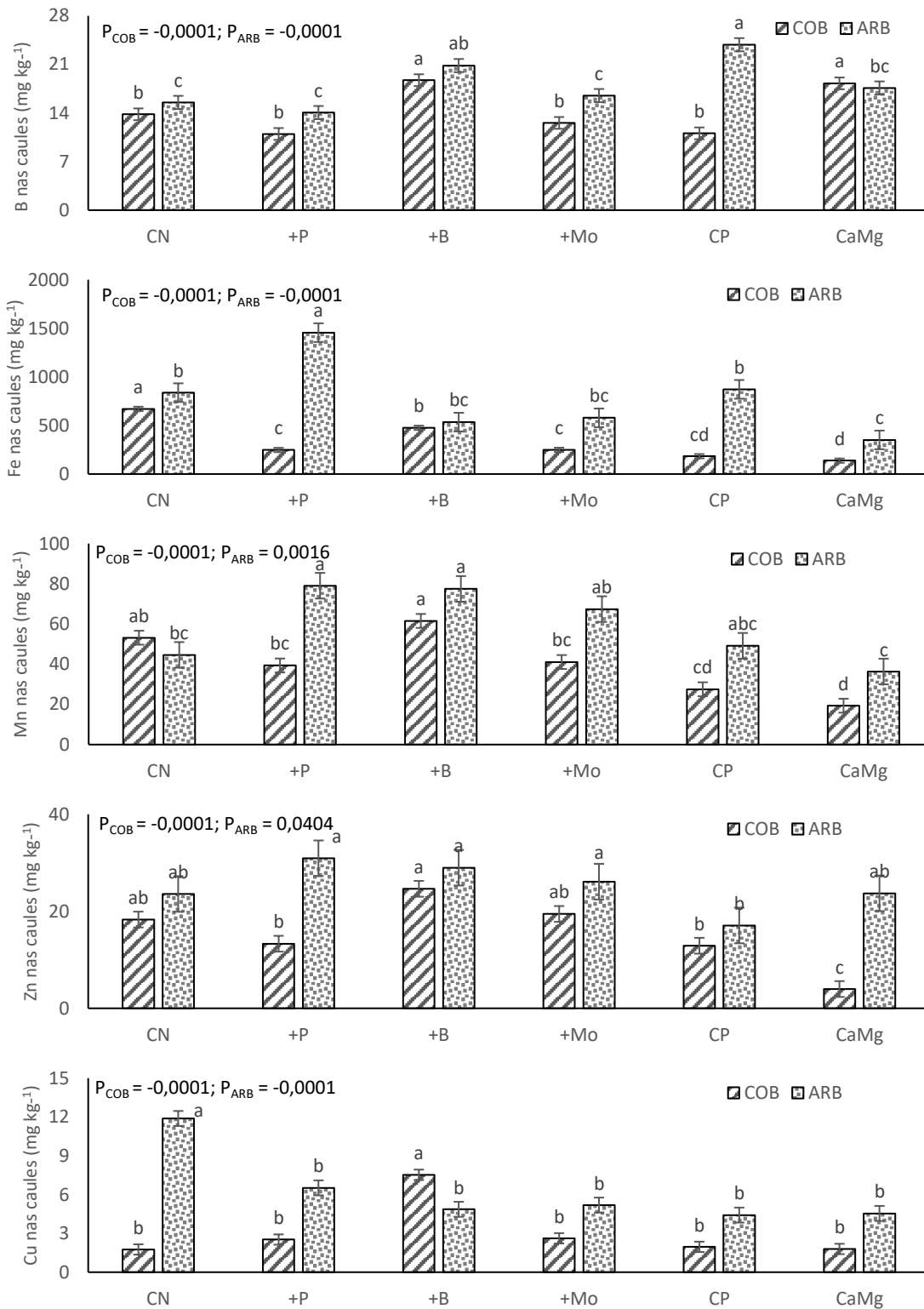


Figura 10: Concentração de boro (b), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nos caules nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.1.5 Concentração de macronutrientes nas raízes

A concentração de macronutrientes nas raízes para cada variedade em função dos tratamentos fertilizantes é apresentada na figura 12. O nitrogênio em plantas da cultivar Cobrançosa, mostrou as maiores médias no tratamento +Mo, não apresentando diferenças significativas para os tratamentos +P e CP. Já para plantas da cultivar Arbequina a maior média foi observada no tratamento CaMg, não se diferenciando do tratamento +Mo e +P.

O cálcio em plantas da cultivar Cobrançosa não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Para plantas da cultivar Arbequina, o tratamento CaMg apresentou a média mais elevada e significativamente diferente da de alguns dos outros tratamentos.

Quanto ao fósforo, potássio e magnésio não houve diferença significativa para qualquer das cultivares.

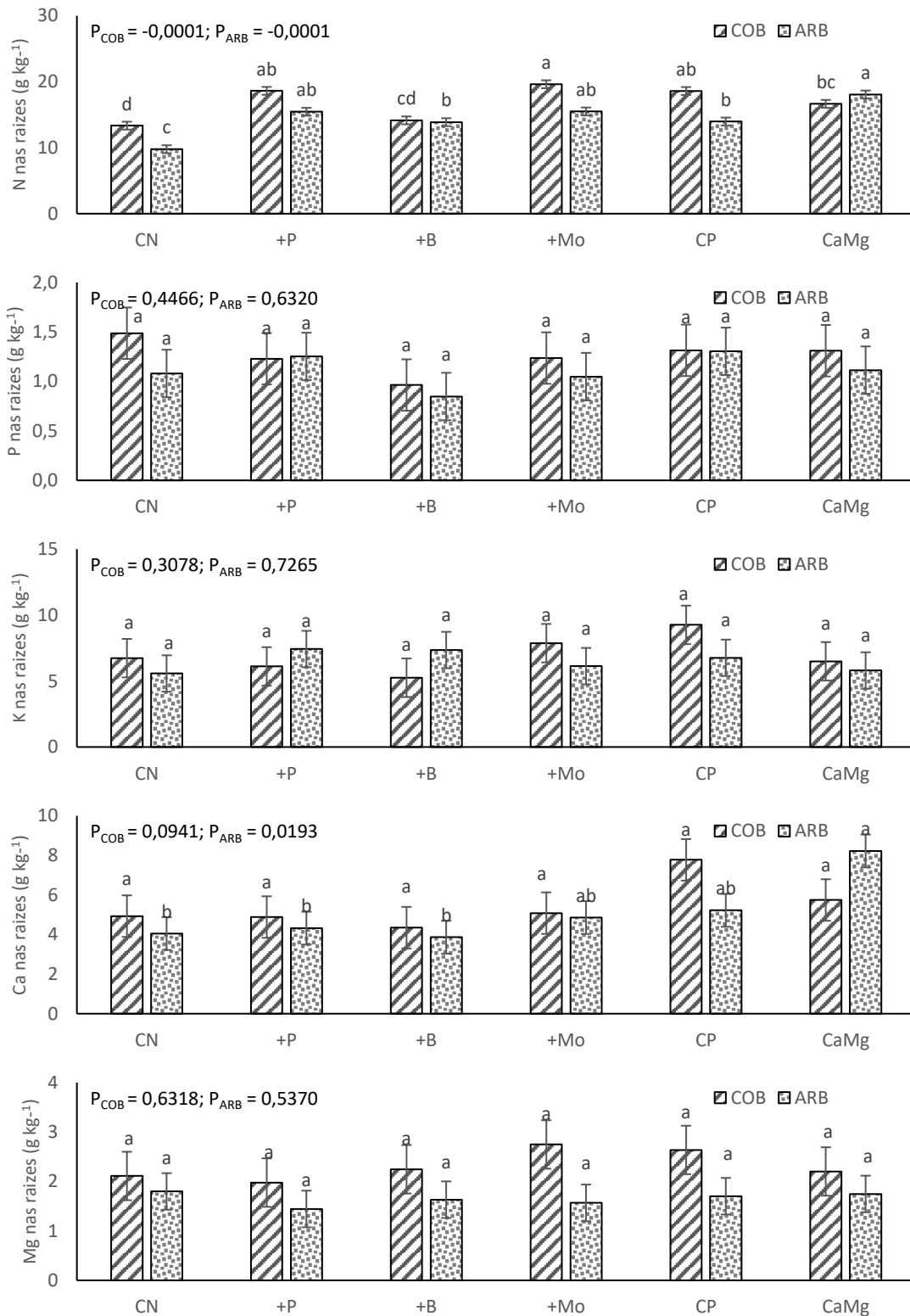


Figura 11: Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas raízes nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.1.6 Concentração de micronutrientes nas raízes

A concentração de micronutrientes nas raízes para cada variedade em função dos tratamentos fertilizantes é apresentada na figura 13. O boro, em plantas da cultivar Cobrançosa, teve maior média nos tratamentos CaMg, diferenciando-se de todos os demais tratamentos, incluindo do +B. Para plantas da cultivar Arbequina, as maiores médias foram encontradas nos tratamentos CP e +B, sendo significativamente diferentes das dos demais tratamentos.

O ferro, em relação a cultivar Cobrançosa, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Para a cultivar Arbequina, as maiores médias foram encontradas nos tratamentos CN e CP e sendo significativamente diferentes das dos demais tratamentos.

Os níveis de manganês na cultivar Cobrançosa destaca-se no tratamento +B, que são diferentes dos demais com exceção dos do tratamento +Mo. Para plantas da cultivar Arbequina, a maior média foi encontrada no tratamento +Mo, embora sem diferenças significativas para os tratamentos CN e +P.

Para o zinco, ambas as cultivares apresentaram as maiores médias no tratamento +Mo, e as menores médias no tratamento CaMg.

O cobre presente na cultivar Cobrançosa, teve maior média no tratamento CN, diferenciando-se apenas do tratamento +P. Para as plantas da cultivar Arbequina também se registrou a maior média no tratamento CN, ainda que sem diferença significativa para os tratamentos +Mo e CP.

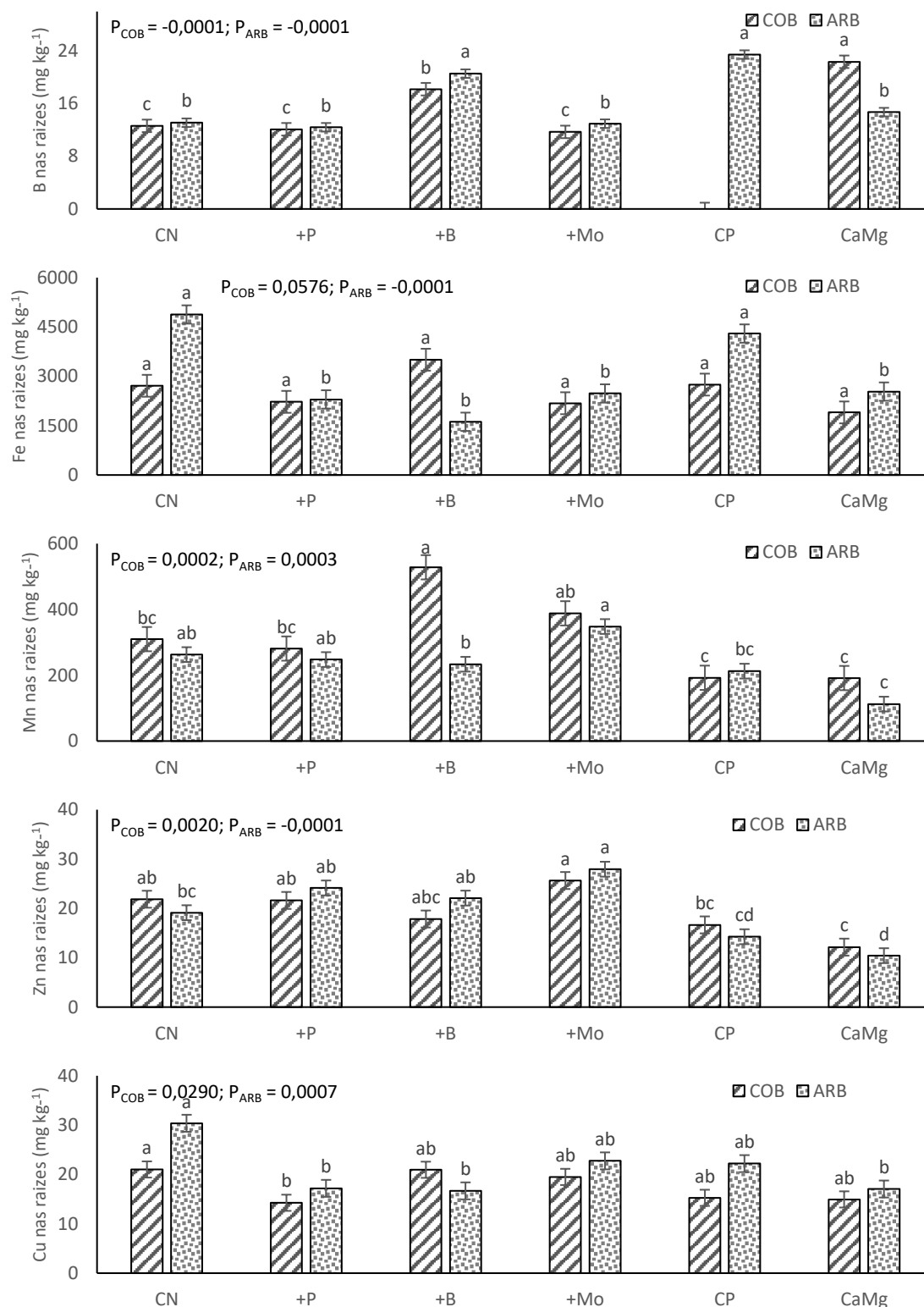


Figura 12: Concentração de boro (b), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas raízes nas variedades Cobrançosa (COB) e Aréquina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.1.7 Concentração de alumínio nas raízes

A concentração de alumínio nas raízes para cada variedade em função dos tratamentos é apresentada na figura 14. Para a cultivar Cobrançosa criaram-se dois grupos de tratamentos com diferenças significativas entre si, sendo os tratamentos com valores mais elevados CN, +B e +Mo e os tratamentos com valores mais baixos CaMg, CP e +P. Para a cultivar Arbequina, a maior média foi obtida no tratamento CN, não se diferenciando apenas do tratamento CP.

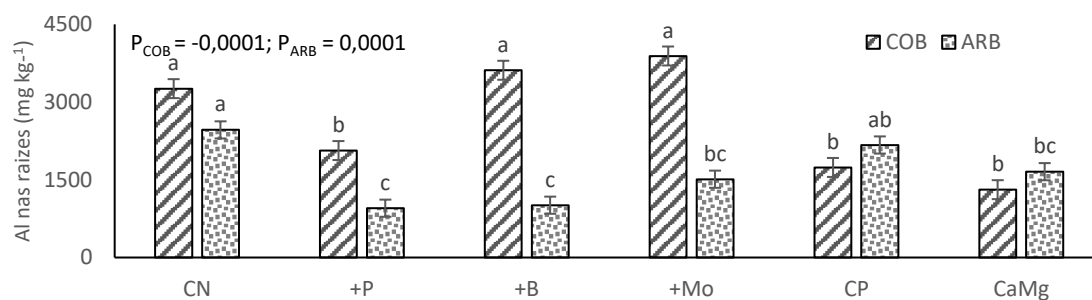


Figura 13: Concentração de alumínio (Al) nas raízes nas variedades Cobrançosa (COB) e Arbequina (ARB) em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Para cada variedade, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). As barras de erro representam o desvio padrão das médias.

5.2 Propriedades do solo

As propriedades do solo nos vasos em que foi cultivada Cobrançosa, em função dos tratamentos, estão apresentadas na tabela 3. O pH_(H₂O) e o pH_(KCl) apresentaram maior média no tratamento CP, diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos.

Para o fósforo, o tratamento que apresentou maior média foi o tratamento CaMg, diferenciando-se dos demais tratamentos, mesmo do tratamento +P.

O potássio, obteve maior média no tratamento CP, sendo também significativamente superior aos demais tratamentos.

No complexo de troca foram analisados diferentes elementos, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, acidez de troca, alumínio e CTC. Os valores obtidos para o cálcio foram mais elevados no tratamento CaMg, sendo significativamente mais elevados que os dos demais tratamentos. O magnésio apresentou um valor médio mais elevado no tratamento CN, tendo sido significativamente mais elevado que o do tratamento CP. O potássio, teve maior média no tratamento CP, não se diferenciando apenas do tratamento +Mo. Sódio, acidez e alumínio de troca, não apresentaram diferença significativa entre tratamentos. Os resultados da CTC, teve maior média no tratamento CaMg, se diferenciando de todos os demais tratamentos.

Para o boro, a maior média obtida dentre os tratamentos, foi no CaMg, diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos.

O ferro apresentou médias semelhantes entre os tratamentos, tendo como menor média o tratamento CN, os demais tratamentos não diferiram entre si.

O cobre apresentou grande variabilidade entre as médias, destacando-se o tratamento CP, embora sem diferença significativa para os tratamentos CN e +B.

Para o elemento manganês, a média mais elevada dentre os tratamentos foi registrada no tratamento CP, mas diferenciando-se significativamente apenas do tratamento +B.

O tratamento que apresentou média bastante superior nos teores de alumínio foi +Mo, porém não se diferenciando significativamente dos tratamentos +B e CaMg.

O carbono orgânico e o zinco não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, revelando-se pouco sensíveis a estes tratamentos fertilizantes.

Tabela 3: Propriedades do solo em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

	CN	+P	+B	+Mo	CP	CaMg
¹ Carbono orgânico (mg kg ⁻¹)	9,60 a	8,96 a	8,73 a	9,22 a	8,82 a	9,25 a
² pH (H ₂ O)	6,02 c	5,82 d	5,80 d	5,87 d	7,75 a	7,52 b
² pH (KCl)	5,07 c	5,07 c	5,00 c	5,07 c	8,01 a	7,69 b
³ Fósforo (mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅)	31,00 c	70,00 b	31,00 c	36,00 c	73,00 b	102,00 a
³ Potássio (mg kg ⁻¹ , K ₂ O)	71,00 d	92,00 c	102,00 bc	106,00 bc	136,00 a	105,00 b
⁴ Cálcio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	4,39 c	3,96 c	3,74 c	3,90 c	7,38 b	8,33 a
⁴ Magnésio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	2,50 a	2,35 ab	2,29 ab	2,35 ab	1,97 b	2,25 ab
⁴ Potássio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,19 b	0,16 b	0,16 b	0,20 ab	0,25 a	0,17 b
⁴ Sódio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,26 a	0,28 a	0,25 a	0,29 a	0,35 a	0,35 a
⁴ Acidez de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,23 a	0,30 a	0,27 a	0,23 a	0,27 a	0,27 a
⁵ Alumínio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,17 a	0,17 a	0,17 a	0,13 a	0,17 a	0,17 a
⁶ CTC (cmol _c kg ⁻¹)	7,58 c	7,05 c	6,71 c	6,97 c	10,21 b	11,36 a
⁷ Boro (mg kg ⁻¹)	0,19 c	0,24 c	0,70 b	0,19 c	0,41 c	1,24 a
⁸ Ferro (mg kg ⁻¹)	22,14 b	39,11 ab	39,64 ab	40,06 a	28,10 ab	28,01 ab
⁸ Zinco (mg kg ⁻¹)	0,75 a	0,78 a	0,58 a	0,64 a	0,75 a	0,60 a
⁸ Cobre (mg kg ⁻¹)	0,33 ab	0,08 c	0,34 ab	0,08 c	0,44 a	0,20 bc
⁸ Manganês (mg kg ⁻¹)	29,97 ab	36,04 ab	28,19 b	34,92 ab	47,07 a	38,94 ab
⁸ Alumínio (mg kg ⁻¹)	40,39 b	42,32 b	43,09 ab	75,51 a	31,02 b	46,26 ab

¹Walkley-Black; ²Potenciometria; ³Lactato de amónio; ⁴Acetato de amónio e EDTA; ⁵Cloreto de potássio;

⁶Capacidade de troca catiónica; ⁷Água fervente, azometina-H; ⁸Espetrofotometria de absorção atómica.

As propriedades do solo nos vasos cultivados com a Cobrançosa em função dos tratamentos fertilizantes estão apresentadas na tabela 4.

O carbono orgânico, apresentou médias com diferenças significativas entre tratamentos, sendo a maior média encontrada no tratamento CN e significativamente mais elevada que a do tratamento CP.

Para pH (H₂O) e pH (KCl) as maiores médias foram observadas no tratamento CaMg, seguidas de perto das do tratamento CP, e com diferenças significativas para os restantes tratamentos.

Para o fósforo, a maior média foi obtida no tratamento CP, seguida pelo tratamento CaMg, e diferenciando-se dos demais tratamentos.

O potássio, apresentou média amplamente superior no tratamento CaMg, diferindo dos outros cinco tratamentos.

No complexo de troca foram analisados diferentes elementos, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, acidez de troca, alumínio e CTC. A respeito do elemento cálcio, duas médias demonstraram ser semelhantes e superiores dos quatro demais tratamentos, sendo elas as dos tratamentos CP e CaMg. O elemento magnésio, demonstrou médias semelhantes, diferindo apenas dos tratamentos CP e CaMg, que foram inferiores aos demais tratamentos. O potássio, apresentou maior média no tratamento CaMg, não se diferenciando apenas do tratamento CP. Dentro do complexo de troca, sódio, acidez de troca e alumínio não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos. A capacidade de troca catiônica foi mais elevada nos tratamentos CP e CaMg e significativamente diferente da dos restantes tratamentos.

O boro apresentou valores médios nos tratamentos CP e CaMg mais elevados que nos demais tratamentos.

Os elementos ferro e zinco não difeririam significativamente entre tratamentos.

No cobre registraram de novo valores mais elevados nos tratamentos CP e CaMg e significativamente diferentes dos restantes tratamentos.

O manganês teve maior média no tratamento CaMg, diferindo significativamente apenas do tratamento +B.

O alumínio apresentou valores mais elevados no tratamento +B seguido do tratamento +P e diferindo significativamente dos demais tratamentos.

Tabela 4: Propriedades do solo em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdênio (+Mo), controle positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

	CN	+P	+B	+Mo	CP	CaMg
¹ Carbono orgânico (mg kg ⁻¹)	9,71 a	8,15 ab	8,42 ab	8,77 ab	7,91 b	8,02 ab
² pH (H ₂ O)	5,85 b	5,78 b	5,80 b	5,87 bc	7,65 a	7,51 a
² pH (KCl)	4,88 d	4,94 cd	5,00 cd	5,07 c	7,42 b	7,68 a
³ Fósforo (mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅)	31,00 c	58,00 b	33,00 c	31,00 c	84,00 a	79,00 a
³ Potássio (mg kg ⁻¹ , K ₂ O)	85,67 c	93,33 bc	92,33 bc	105,33 b	105,00 b	155,67 a
⁴ Cálcio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	3,51 b	3,51 b	3,61 b	3,59 b	6,89 a	6,73 a
⁴ Magnésio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	2,08 ab	2,16 a	2,19 a	2,13 a	1,75 b	1,65 c
⁴ Potássio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,15 b	0,17 b	0,16 b	0,18 b	0,19 ab	0,23 a
⁴ Sódio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,41 a	0,37 a	0,31 a	0,38 a	0,38 a	0,19 a
⁴ Acidez de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,40 a	0,30 a	0,30 a	0,30 a	0,50 a	0,50 a
⁵ Alumínio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,33 a	0,20 a	0,13 a	0,13 a	0,37 a	0,43 a
⁶ CTC (cmol _c kg ⁻¹)	6,55 b	6,52 b	6,58 b	6,58 b	9,68 a	9,03 a
⁷ Boro (mg kg ⁻¹)	0,21 b	0,21 b	0,35 b	0,03 b	1,33 a	1,17 a
⁸ Ferro (mg kg ⁻¹)	32,29 a	27,34 a	31,85 a	20,86 a	28,27 a	21,11 a
⁸ Zinco (mg kg ⁻¹)	0,57 a	0,33 a	0,42 a	0,53 a	0,99 a	0,55 a
⁸ Cobre (mg kg ⁻¹)	0,23 b	0,31 b	0,25 b	0,34 b	0,97 a	0,82 a
⁸ Manganês (mg kg ⁻¹)	31,00 ab	27,79 ab	23,16 b	26,59 ab	30,76 ab	35,87 a
⁸ Alumínio (mg kg ⁻¹)	45,36 b	64,24 a	72,12 a	33,32 b	35,17 b	34,33 b

¹Walkley-Black; ²Potenciometria; ³Lactato de amônio; ⁴Acetato de amônio e EDTA; ⁵Cloreto de potássio;

⁶Capacidade de troca catiônica; ⁷Água fervente, azometina-H; ⁸Espetrofotometria de absorção atômica.

5.2.1 Produção de matéria seca

A produção de matéria seca da cultivar Cobrançosa, separada em caule, folha, raiz e total é apresentada na tabela 5. Para o caule, a maior média foi observada no tratamento +Mo, embora se diferenciando significativamente apenas do tratamento CaMg.

Nas folhas, a média mais elevada dentre os tratamentos foi observada no tratamento +B, embora sem diferença significativa para os tratamentos CP, +P e +Mo.

Para as raízes, a maior média foi observada no tratamento +B, se diferenciando apenas do tratamento CaMg.

Quando observado a totalidade de matéria seca obtida nos tratamentos, observa-se que a maior média está presente no tratamento +B, e com diferenças significativas para os tratamentos CN, +P e CaMg.

Tabela 5: Matéria seca nos tecidos da cultivar Cobrançosa em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

	CN	+P	+B	+Mo	CP	CaMg
Caule (g planta ⁻¹)	15,55 ab	18,48 ab	21,00 ab	21,36 a	18,72 ab	12,61 b
Folha (g planta ⁻¹)	18,25 b	20,80 ab	24,58 a	19,62 ab	23,68 ab	12,06 c
Raíz (g planta ⁻¹)	6,21 a	4,89 a	7,50 a	4,44 a	4,08 ab	0,79 b
Total (g planta ⁻¹)	40,01 c	44,16 bc	53,08 a	45,42 abc	46,48 ab	25,45 d

A produção de matéria seca nas diferentes partes da planta na cultivar Arbequina é apresentada na tabela 6. No caule, a maior média foi observada no tratamento +B, com diferenças significativas para todos os tratamentos com exceção do tratamento CP.

Nos dados de folhas, observa-se que dentre as médias apresentadas, o tratamento +B foi o que obteve os maiores valores, o mesmo ocorrendo para os dados das raízes.

Quando observado a totalidade de matéria seca obtida nos tratamentos, observa-se que a maior média está presente no tratamento +B, não diferenciando significativamente apenas do tratamento CP.

Tabela 6: Matéria seca nos tecidos da cultivar Arbequina em função dos tratamentos fertilizantes, controle negativo (CN), aplicação de fósforo (+P), boro (+B), molibdénio (+Mo), controlo positivo (CP) e aplicação de cálcio e magnésio (CaMg). Nas linhas, letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

	CN	+P	+B	+Mo	CP	CaMg
Caule (g planta ⁻¹)	15,83 c	17,59 bc	25,60 a	15,52 c	22,25 ab	7,26 d
Folha (g planta ⁻¹)	16,93 c	20,27 bc	24,42 a	18,06 c	23,31 ab	4,17 d
Raíz (g planta ⁻¹)	9,40 ab	5,16 cd	11,54 a	5,64 c	8,02 bc	2,18 d
Total (g planta ⁻¹)	42,15 b	43,01 b	61,56 a	39,22 b	53,57 a	13,60 c

6 Discussão

Quando observado o tratamento CN, onde não foram utilizadas aplicações de fertilizantes, são encontrados valores mais baixos de nitrogênio nos tecidos vegetais, incluindo folhas, caules e raízes. Além disso, foram encontradas diferenças significativas em comparação com os tratamentos que receberam adubações (+P, +B, +Mo, CP e CaMg). Esse efeito já era esperado, uma vez que os solos utilizados possuem naturalmente baixa fertilidade, também apresentando pH ácido e baixos teores de matéria orgânica. Essas características do solo contribuem para a redução dos níveis de nitrogênio nas plantas, corroborando com os resultados obtidos.

Os tratamentos em que foram utilizadas adubações à base de fósforo (+P), não influenciaram nas concentrações deste e de outros nutrientes nos tecidos das plantas (folhas, caules e raízes) para ambas as cultivares utilizadas no experimento (Cobrançosa e Arbequina). Porém, quando analisado o resultado nos solos, os teores de fósforo encontrados são incrementados graças a aplicação deste nutriente. Os resultados indicam a possibilidade de existirem fatores físicos ou químicos que estão dificultando a capacidade das plantas de absorver o fósforo. Uma das hipóteses é a imobilização do fósforo pelo alumínio, onde o alumínio se liga às moléculas do nutriente, impedindo assim sua absorção.

Os tratamentos que levaram como elemento de aplicação o boro (+B), apresentaram como características principais o aumento de sua concentração nos tecidos das plantas (folhas, caules e raízes) para as duas cultivares utilizadas no experimento (Cobrançosa e Arbequina). O tratamento em que foi aplicado boro não influenciou a concentração de outros nutrientes, macro ou micro nos tecidos da planta. Outro aspecto importante que se destaca, é o aumento significativo nos níveis de boro solos no tratamento +B.

Em relação à aplicação de molibdênio (+Mo), não foram observados efeitos significativos tanto na concentração de nutrientes nos tecidos das plantas (folhas, caules e raízes) nas duas cultivares utilizadas (Cobrançosa e Arbequina), quanto nas propriedades dos solos.

No tratamento CP, no qual se aplicaram todos os nutrientes em estudo, os valores de nitrogênio obtidos foram maiores que no tratamento CN, isso podendo ser resposta a fatores fisiológicos relacionados à nutrição da planta, que impediram ou diminuiram o aproveitamento do nitrogênio no tratamento CN. Também é possível verificar um acréscimo em outros nutrientes aportados no tratamento, como cálcio e boro, que registraram maiores valores nos tecidos das folhas e raízes, e diminuição dos níveis de alumínio encontrados nas raízes, podendo estar relacionado com uma neutralização do mesmo por bases como o cálcio no solo. Para o

solo, o tratamento CP, trouxe efeitos benéficos para a química do solo, como aumento do pH e CTC, devido ao incremento de bases no solo, e efeito positivo nos teores de nutrientes como cálcio, fósforo e boro.

Considerando que o cálcio e o magnésio são nutrientes amplamente utilizados na agricultura há décadas, os benefícios desses elementos são amplamente conhecidos. Os resultados do experimento revelaram um aumento significativo na concentração de cálcio nas folhas das plantas. Em contrapartida, foi observada uma diminuição na concentração de manganês nas folhas, caules e raízes, assim como uma redução na concentração de alumínio nas raízes. Sabe-se que o cálcio atua como neutralizador para esses elementos (manganês e alumínio), os quais são considerados tóxicos quando presentes em quantidades elevadas para as plantas.

Em relação aos efeitos nos solos, foi possível observar um aumento no pH e na capacidade de troca catiônica, que pode ser atribuído ao aumento das bases do solo, como o cálcio e o magnésio. Além disso, constatou-se um aumento na concentração de fósforo no solo, o que corrobora a eficiência da neutralização do alumínio pelo cálcio. Essas descobertas reforçam o papel importante do cálcio e do magnésio na melhoria das características do solo e na promoção do crescimento saudável das plantas, especialmente em áreas com solos naturalmente ácidos.

7 Conclusão

O estudo mostrou que a ausência de fertilizantes no tratamento testemunha (CN) resultou em baixos níveis de nitrogênio nas plantas, devido à baixa fertilidade, pH ácido e baixos teores de matéria orgânica do solo.

A adubação com fósforo (+P) não afetou as concentrações de nutrientes nos tecidos das plantas, mas aumentou os teores de fósforo no solo. A adubação com boro (+B) aumentou a concentração de boro nas plantas e no solo.

O tratamento onde foi utilizado todos os nutrientes (CP) resultou em maior quantidade de nitrogênio nas plantas, além de aumentar os teores de cálcio e boro e reduzir o alumínio no solo.

O tratamento onde foram utilizadas aplicações de cálcio e magnésio desempenham um papel importante na neutralização de elementos tóxicos, como o manganês e o alumínio. Os seus efeitos nos solos incluíram aumento do pH, capacidade de troca catiônica e concentração de fósforo.

Portanto, a aplicação adequada de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e boro, é essencial para suprir as deficiências nutricionais em solos com baixa fertilidade, promovendo um crescimento saudável e produtivo das oliveiras.

8 Referências

AFONSO, N.; ARROBAS, M. **Qualidade do ambiente urbano: novos desafios**. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2009. ISBN: 978-972-745-105-0 Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/5259/3/QUAU%20Solos.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2023.

ALCARDE, J. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. n. 6, p. 24, 2005. Disponível em: http://anda.org.br/wp-content/uploads/2019/03/boletim_06.pdf Acesso em: 19 out. 2022

ARROBAS, M.; AFONSO, S.; FERREIRA, I.; *et al.* **Liming and application of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron on a young plantation of chestnut**. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v. 41, n. 6, p. 441–451, 2017. ISSN: 1300-011X Disponível em: <<https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol41/iss6/3>>. Acesso em: 11 fev. 2023.

ARROBAS, M.; AFONSO, S.; RODRIGUES, M.Â. **Diagnosing the nutritional condition of chestnut groves by soil and leaf analyses**. *Scientia Horticulturae*, v. 228, p. 113–121, 2018. ISSN: 0304-4238, DOI: 10.1016/j.scienta.2017.10.027. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381730643X>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ARROBAS, M.; RIBEIRO, A.; BARREALES, D.; *et al.* **Soil and foliar nitrogen and boron fertilization of almond trees grown under rainfed conditions**. *European Journal of Agronomy*, v. 106, p. 39–48, 2019. ISSN: 1161-0301, DOI: 10.1016/j.eja.2019.02.014 Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030119300218>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

BREMNER, J. M. **Nitrogen Total**. *In: Methods of Soil Analysis*. John Wiley & Sons, 1996, p. 1085–1121. ISBN: 978-0-89118-866-7 Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssabookser5.3.c37>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CAMARGOS, S. **Acidez do solo e calagem (reação do solo)**. Universidade federal do Mato Grosso, Cuiabá, p. 26, 2005. Disponível em: <https://www.ufif.br/baccan/files/2019/04/Apostila_Capitulo_2_Acidez_Calagem.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

CARMO, A.; SILVA, E. H.; OLIVEIRA, M. G.; *et al.* **Os Efeitos da Chuva Ácida Na Fertilidade do Solo e em Cultivares Agrícolas.** Revista da META, v. 1, n. 1, p. 393–399, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.cefetmg.br/index.php/revistadameta/article/view/880>> Acesso em: 23 fev. 2023.

CAVALHEIRO, C.; ROSSO, V. D.; PAULUS, E.; *et al.* **Composição química de folhas de oliveira (*Olea europaea* L.)** da região de Caçapava do Sul, RS. *Ciência Rural*, v. 44, n. 10, p. 1874–1879, 2014. Disponível em: <https://periodicos.cefetmg.br/index.php/revistadameta/article/view/880> Acesso em: 15 jan. 2023

CORDEIRO, A. **Cultivares de Oliveira: Arbequina.** Disponível em: <<https://www.vidarural.pt/sem-categoria/cultivares-de-oliveira-arbequina/>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

CORDEIRO, A. **Cultivares de Oliveira: Cobrançosa.** Disponível em: <<https://www.vidarural.pt/sem-categoria/cultivares-de-oliveira-cobrancosa/#sidr-main>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T. H. **Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.)**. v. 16, n. 1, p. 125, 2009. Disponível em: <<https://silo.tips/download/sistemas-de-producao-16#>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FAO. **Production Indices.** Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

KUÇUKKOMURLER, S. Olive in culture. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 2, p. 200–202, 2011. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/267032890>> Acesso em: 10 dez. 2022.

LAKANEN, E.; ERVIÖ, R. **A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils.**1971. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-comparison-of-eight-extractants-for-the-of-plant-Lakanen-Ervi%C3%B6/6ee9935a40899900476e36e2c49013df9826ef2b>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

LOPES A.; SILVA M.; GUILHERME L. Boletim Técnico n° 1: **Acidez do solo e calagem.** São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos. p. 14., 1991 Disponível em: < https://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/boletim_01.pdf> Acesso em: 15 jan. 2023.

MARTÍNEZ-ZAMORA, L.; PEÑALVER, R.; ROS, G.; *et al.* **Olive Tree Derivatives and Hydroxytyrosol: Their Potential Effects on Human Health and Its Use as Functional Ingredient in Meat.** *Foods*, v. 10, n. 11, p. 2611, 2021. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2611>> Acesso em: 14 jan. 2023.

MENEZES, G. **Análise do Clima Urbano da Cidade de Bragança (2012-2016): Estudo da Ilha de Calor.** Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, p. 66., 2017. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/14438/1/Menezes_Gabriella.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MILHEIRO, A. **A fertilização da oliveira.** Lisboa: Direcção-geral de extensão rural, p. 26, 1982. Disponível em: <<https://www.dgadr.gov.pt/mediateca?task=download.send&id=31&catid=10&m=0>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

OLIVEIRA, I.; COSTA, K.; SANTOS, K.; *et al.* **Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado.** v. 1, n. 1, p. 01–12, 2005. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220443/1/refmb-2005.3.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2022.

PREZOTTI, L.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar.** [s.l.]: Incaper, p. 104, 2013. ISBN: 978-85-89274-21-0 Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2022.

RAMPIM, L.; LANA, M.; FRANDOLOSO, J. **Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em latossolo vermelho submetido ao gesso cultivado com trigo e soja.** *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 4, p. 1623–1638, 2013. Disponível em: < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/10748>> Acesso em: 17 nov. 2022.

RODRIGUES, M. A.; ARROBAS, M. **Principais problemas nutricionais dos olivais transmontanos e que quantidades de fertilizantes aplicar.** *Boletim Técnico OlivaTMAD*, n. 2, p. 1–4, 2013. ISSN: 2182-2778. Disponível em: < <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/10166>> Acesso em: 11 jan. 2023.

RODRIGUES, M. A.; CORREIA, C.M. **Manual da safra e contra safra do olival. Manual da safra e contra safra do olival**, 2009. ISSN: 978-972-745-103-6 Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/4191>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

RODRIGUES, M. A.; FERREIRA, I.Q.; CLARO, A.M.; *et al.* **Fertiliser recommendations for olive based upon nutrients removed in crop and pruning. Scientia Horticulturae**, v. 142, p. 205–211, 2012. ISSN: 0304-4238 Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/7908>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

RODRIGUES, M. A.; PAVÃO, F.; LOPES, J.; *et al.* **Olive yields and tree nutritional status during a four year period without nitrogen and boron fertilization. Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n. 7, p. 803–814, 2011. ISSN: 0010-3624, DOI: 10.1080/00103624.2011.552656 Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/6227>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

RODRIGUES, M.Â.; COELHO, V.; ARROBAS, M.; *et al.* **The effect of nitrogen fertilization on the incidence of olive fruit fly, olive leaf spot and olive anthracnose in two olive cultivars grown in rainfed conditions. Scientia Horticulturae**, v. 256, p. 1–9, 2019. ISSN: 0304-4238, DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108658 Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819305448>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

SANTOS, L.; RAMOS, A. **A cultura da oliveira**. 12996/86. ed. Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco, p. 94 1987. ISBN: 972-8324-03-0 Disponível em: <https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/301/1/CULTURA_OLIVEIRA.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.

VAN REEUWIJK, L.P. **Procedures for soil analysis**. v. 9, n. 6, p. 1–120, 2002. Disponível em <https://www.isric.org/sites/default/files/ISRIC_TechPap09.pdf>. Acesso em 20 dez. 2022.