

INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA  
**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA**  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AGRO-PECUÁRIA

Efeitos da aplicação de revestimento de cobre (*copper coating*) em  
tabuleiros alveolados na produção de plântulas em viveiro

JOÃO PEDRO OLIVEIRA DE FARIA

COIMBRA

2025



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA  
**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA**  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AGRO-PECUÁRIA

Efeitos da aplicação de revestimento de cobre (*copper coating*) em  
tabuleiros alveolados na produção de plântulas em viveiro

Dissertação para cumprimento dos  
requisitos necessários à obtenção do grau  
de mestre em Engenharia Agropecuária.

João Pedro Oliveira de Faria  
Nº.: 2023117575  
Orientador(a): Prof.º Kiril Bahcevandziev  
Tutor(a): Eng.ª Rita Carvalho

COIMBRA

2025



## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Escola Superior Agrária de Coimbra e a todos os professores que fizeram parte do meu percurso académico, em especial, ao Professor Kiril Bahcevandziev, pelo auxílio e orientação neste trabalho.

Aos Professores Filipe Melo e Sandra Santos, pelo auxílio e orientação no tratamento das plantas provenientes dos ensaios.

Ao Eng.º Fernando Amaral e à Eng.ª Leonor Pato, do laboratório de solos da ESAC, por toda a ajuda na obtenção de dados em laboratório.

À Professora Manuela Abelho, por todo o auxílio no tratamento estatístico dos dados, bem como na apresentação dos resultados.

À empresa Germiplanta, viveiros de plantas, Lda. e aos engenheiros e colaboradores, que de algum modo, me auxiliaram no desenvolvimento dos ensaios e na realização deste trabalho.

À minha namorada, Beatriz Rodrigues, por todo o apoio incondicional e incansável, paciência, incentivo constante ao longo deste meu percurso académico e por toda a compreensão nos momentos mais desafiantes, sendo mais que uma companheira neste percurso mas também uma fonte de motivação que me deu forças para seguir em frente, lembrando-me sempre na importância de acreditar em mim e nunca desistir.

Aos meus grandes amigos Vasco Franco e Justino Órfão, que incansavelmente me motivaram e me fizeram ir mais longe nas etapas mais desafiantes deste percurso.

Aos meus pais, irmãos e avós, por todo o amor, apoio e auxílio direta e indiretamente, e por estarem sempre aqui para mim, me motivaram, fizeram e fazem com que sempre consiga chegar mais longe.

Um agradecimento especial ao meu avô, José Faria, pelo exemplo de sabedoria, dedicação e perseverança que sempre me transmitiu, que desde sempre me ofereceu motivação e valores que me acompanharam e que me levam a lutar e a conseguir ir mais além, lembrando-me sempre da importância da resiliência e humildade em cada etapa, tanto do meu percurso académico como da minha vida.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento a todos os meus amigos e colegas com quem partilhei este caminho e foram essenciais para um percurso académico mais desafiante e gratificante.

## RESUMO

A produção hortícola em viveiros e particularmente em tabuleiros alveolados constitui um passo fundamental para assegurar o vigor e a uniformidade das plântulas a transplantar nos sistemas agrícolas. Neste contexto, a aplicação de tecnologias que melhorem a qualidade do material vegetal detém uma relevância particular. O cobre (Cu), embora um micronutriente essencial, pode tornar-se fitotóxico em concentrações elevadas, afetando os processos fisiológicos e morfológicos das plantas. A tecnologia de *copper coating*, que se baseia no revestimento de tabuleiros alveolados ou substratos com compostos à base de cobre, surge como uma possível estratégia para a melhorar o desenvolvimento radicular e a qualidade das plântulas, mas os seus efeitos são ainda pouco estudados em diferentes espécies hortícolas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de quatro concentrações de *copper coating* no desenvolvimento inicial de cinco culturas hortícolas distintas (alface verde e roxa – *Lactuca sativa*, espinafre – *Spinacea oleracea*, courgette – *Cucurbita pepo* e pimento – *Capsicum annum*) produzidas em tabuleiros alveolados. Foram analisados parâmetros de crescimento, como o comprimento da parte aérea, comprimento dos cotilédones, taxa de estiolamento e peso médio por plântula. Complementarmente, foram avaliados parâmetros físico-químicos do substrato nos quais se incluiu o cobre (Cu), magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), pH e condutividade elétrica (CE).

Os resultados demonstraram que o efeito do *copper coating* foi limitado e dependente da espécie. Apenas a alface verde apresentou diferenças significativas no peso médio por plântula e o pimento registou aumento significativo no comprimento da parte aérea. Nas restantes culturas, não se observaram efeitos estatisticamente relevantes, embora tenham sido identificadas algumas tendências em concentrações intermédias (40 g/L). A análise do substrato comprovou aumentos apenas no teor de cobre, mantendo-se inalterados os restantes parâmetros químicos do substrato.

Conclui-se que a aplicação de *copper coating* pode ter efeitos benéficos ou neutros em concentrações moderadas (espinafre, alface roxa e pimento), enquanto doses mais elevadas podem induzir respostas negativas em algumas espécies (alface verde e courgette), reforçando a necessidade de definição de limiares seguros de aplicação. Estes resultados evidenciam a importância da realização de ensaios complementares com maior

número de repetições e avaliações adicionais da arquitetura radicular e da acumulação de cobre nos tecidos vegetais, de forma a consolidar o conhecimento sobre o potencial desta tecnologia na horticultura protegida.

Palavras-Chave: Copper Coating; Tabuleiros Alveolados; Plântulas; Cobre; Viveiros.

## ABSTRACT

Horticultural seedling production in nurseries, particularly in cell trays, is a fundamental step to ensure vigor and uniformity of seedlings for transplantation into agricultural systems. In this context, the application of technologies that improve the quality of plant material holds relevance. Copper (Cu), although an essential micronutrient, can become phytotoxic at high concentrations, affecting the physiological and morphological processes of plants. The copper coating technology, which consists of coating cell trays or substrates with copper-based compounds, emerges as a potential strategy to improve root development and seedling quality, but its effects remain little studied across different horticultural species.

The present study aimed to evaluate the effects of four concentrations of copper coating on the initial development of five horticultural crops (green and red lettuce – *Lactuca sativa*, spinach – *Spinacea oleracea*, zucchini – *Cucurbita pepo*, and pepper – *Capsicum annuum*) produced in cell trays. Growth parameters such as shoot length, cotyledon length, etiolation rate, and average plant weight were analyzed. In addition, physicochemical parameters of the substrate were evaluated, including copper (Cu), magnesium (Mg), calcium (Ca), phosphorus (P), potassium (K), pH, and electrical conductivity (EC).

The results showed that the effect of copper coating was limited and species-dependent. Only green lettuce exhibited significant differences in average plant weight, while pepper showed a significant increase in shoot length. In the remaining crops, no statistically significant effects were observed, although some trends were identified at intermediate concentrations (40 g/L). Substrate analysis confirmed increases only in copper content, while the remaining chemical parameters remained unchanged.

It can be concluded that the application of copper coating may have beneficial or neutral effects at moderate concentrations (spinach, red lettuce, and pepper), whereas higher doses may induce negative responses in some species (green lettuce and zucchini), reinforcing the need to define safe application thresholds. These results highlight the importance of conducting complementary trials with a larger number of replications and additional evaluations of root architecture and copper accumulation in plant tissues, in order to consolidate knowledge about the potential of this technology in protected horticulture.

Keywords: Copper Coating; Cell Trays; Seedlings; Copper; Nurseries.

# ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS .....	V
RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE QUADROS .....	XIV
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIV
1. INTRODUÇÃO .....	XVI
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
2.1 Culturas utilizadas.....	1
2.1.1 Alface.....	1
2.1.2 Espinafre.....	3
2.1.3 Pimento.....	4
2.1.4 Género <i>Cucurbita</i> – Courgette .....	7
2.2 Tecnologia viveirista .....	10
2.2.1 Tipos de viveiros .....	11
2.2.2 Tipos de “contentores” .....	13
2.2.3 Substratos.....	14
2.2.4 Turfa .....	18
2.2.5 <i>Copper Coating</i> .....	20
2.2.6 Influencia do cobre na dinâmica de nutrientes minerais (Ca, Mg, P e K).....	22
2.2.7 Rega por aspersão .....	26
2.2.8 Sementes: características, maneo e sementes revestidas .....	27
2.2.9 Caracterização da empresa Germiplanta, viveiros de planta, Lda.....	28
3. MATERIAL .....	30
3.1 Local de Realização dos Ensaios .....	30

3.2	Material utilizado .....	30
4.	MÉTODOS .....	33
4.1	Delineamento experimental .....	33
4.2	Lavagem e Desinfecção de Tabuleiros .....	34
4.3	Sementeira e Germinação .....	39
4.4	Crescimento e desenvolvimento das plântulas em estufa .....	42
4.5	Recolha de Dados .....	46
4.6	Análises laboratoriais .....	50
4.7	Análise de dados .....	54
5.	RESULTADOS .....	56
5.1	Taxa de Germinação .....	56
5.2	Desenvolvimento das plântulas .....	56
5.3	Parâmetros do substrato .....	61
6.	DISCUSSÃO .....	68
7.	CONCLUSÃO .....	70
8.	BIBLIOGRAFIA .....	71
9.	ÍNDICE DOI .....	80
	ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Túnel com cama quente. Fonte: Reis (2007).....	12
Figura 2 a) “ <i>mottes</i> ” semeados e b) pequeno equipamento manual para o seu fabrico. Fonte: Reis (2007) .....	12
Figura 3 Tabuleiros alveolados. Adaptado de: Nutrofertil, 2021.....	13
Figura 4 Representação esquemática referente à classificação de substratos. Adaptado de: (Quintero et al., 2011). .....	18
Figura 5 Diferenças entre sistemas radiculares desenvolvidos em tabuleiros alveolados com e sem aplicação de <i>copper coating</i> . Fonte: OpenAI, (2025) .....	21
Figura 6 Tabuleiros de esferovite recolhidos antes da sua lavagem. Fonte: Próprio, (2025) .....	34
Figura 7 a) colocação dos tabuleiros no sistema de lavagem (Conic System® - LNB–200, 2014); b) lavagem dos tabuleiros. (Fonte: Próprio, 2024).....	35
Figura 8 Aplicação de <i>copper coating</i> e condução dos tabuleiros para o forno. a) aplicação da solução de cobre; b) condução dos tabuleiros para o forno. Fonte: Próprio, (2025) ....	36
Figura 9 Pesagem de oxiclreto de cobre (Cuprital®) e Argalite incolor (Arga®), com utilização da balança Baxtran, modelo Bow-P, para a realização das soluções de cobre. Fonte: Próprio, (2025) .....	37
Figura 10 Passos do processo de secagem e desinfecção de tabuleiros. a) Entrada dos tabuleiros no primeiro forno; b) saída dos tabuleiros do primeiro forno; c) colocação e entrada dos tabuleiros no segundo forno; d) saída dos tabuleiros do segundo forno e aplicação de OXI PREMIUM® 15. Fonte: Próprio, (2025) .....	38
Figura 11 a) Acondicionamento dos tabuleiros em paletes de acordo com o tipo de tabuleiro (nº de alvéolos); b) armazenagem das paletes até à sua utilização. Fonte: Próprio, (2025). .....	38
Figura 12 a) Colocação dos tabuleiros na esteira; b) aplicação do substrato nos tabuleiros; c) descompactador de substrato Atlantic Man® - BIG BALE V. Fonte: Próprio, (2025). ...	39
Figura 13 Passagem dos tabuleiros pela cabeça de sementeira. Fonte: Próprio, (2025)..	40
Figura 14 a) Cobertura dos alvéolos com vermiculite; b) passagem dos tabuleiros por lamina de água. Fonte: Próprio, (2025).....	40
Figura 15 Empilhamento dos tabuleiros semeados e fim do processo de sementeira. Fonte: Próprio, (2025). .....	41

Figura 16 a) Acomodação dos tabuleiros em paletes; b) transporte para a câmara de germinação. Fonte: Próprio, (2024).	42
Figura 17 a) Verificação da germinação da semente; b) transporte dos tabuleiros para a estufa. Fonte: Próprio, (2024).	42
Figura 18 Tabuleiros colocados na estufa. Fonte: Próprio, (2024).	43
Figura 19 Barra de rega e seus constituintes. a) barra de rega em funcionamento; b) bicos de rega com diferentes dotações. Fonte: Próprio, (2025).	44
Figura 20 a) Pesagem da parte aérea; b) pesagem da parte radicular + substrato. Fonte: Próprio, (2025).	47
Figura 21 Balança PB3002-S. Fonte: Próprio, (2025).	47
Figura 22 Medições referentes às plântulas. a) comprimento dos cotilédones; b) comprimento da parte aérea da planta; c) taxa de estiolamento. Fonte: Próprio, (2025).	48
Figura 23 a) Tabuleiros com as amostras de plantas; b) estufa de laboratório utilizada para a secagem das amostras. Fonte: Próprio, (2025).	49
Figura 24 a) Triturador com amostra; b) amostra armazenada em saco de plástico. Fonte: Próprio, (2025).	49
Figura 25 a) Pesagem de amostra (raiz + substrato) para um volume de 10 mL para a preparação de uma suspensão; b) suspensões a agitar para obtenção da homogeneidade da suspensão; c) obtenção dos valores de pH das suspensões agitadas com utilização do potenciômetro JENWAY, modelo 3310. Fonte: Próprio, (2025).	51
Figura 26 a) filtração das suspensões previamente agitadas; b) obtenção dos valores de CE com utilização do condutivímetro WTW, modelo Cond 3110. Fonte: Próprio, (2025).	52
Figura 27. Curva de calibração usada para a obtenção dos valores de fósforo (P).	53
Figura 28 Espectrofotômetro. a) espectrofotômetro em funcionamento; b) lâmpadas do espectrofotômetro. Fonte: Próprio, (2025).	54
Figura 29 Taxa de germinação para as cinco culturas, avaliada 8 dias (espinafre, alface verde, alface roxa e courgette) ou 35 dias (pimento) após a semeadura. Os valores são referentes à percentagem de sementes germinadas nas diferentes culturas em três tratamentos e o controle.	56
Figura 30 Desenvolvimento das plântulas das cinco culturas nas respectivas concentrações (0, 25, 40 e 50 g/L) de cobre (média $\pm$ desvio padrão, n=5). Letras iguais indicam ausência de diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,5$ ) segundo o teste de Tukey.	57
Figura 31 Resultados das análises laboratoriais referente aos parâmetros do substrato estudados (pH, CE: condutividade elétrica, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio	

e Cu: cobre). Em cada uma das concentrações de (0, 25, 40 e 50 g/L) para cada cultura representa apenas um valor – valor obtido em laboratório. .... 65

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 Tolerância da alface à acidez e salinidade do solo. ....	1
Quadro 2 Temperaturas cardinais na cultura da alface. ....	2
Quadro 3 Temperaturas cardinais para a cultura do espinafre. ....	3
Quadro 4 Tolerância da cultura do espinafre à acidez e à salinidade do solo. ....	4
Quadro 5 Temperaturas cardinais para a cultura do pimento. ....	6
Quadro 6 Tolerância da cultura do pimento à salinidade e à acidez do solo. ....	7
Quadro 7 Temperaturas cardinais para as <i>Cucurbita spp.</i> ....	9
Quadro 8 Tolerância das <i>Cucurbita spp.</i> à salinidade e acidez do solo. ....	9
Quadro 9. Facilidade de transplantação de plantas de raiz nua de algumas espécies hortícolas. ....	10
Quadro 10 Principais características físicas e químicas dos diferentes tipos de turfas. ....	19

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Materiais utilizados no decorrer dos ensaios. ....	31
Tabela 2 Soluções utilizadas na formulação do adubo aplicado às plantas. ....	32
Tabela 3 Datas de realização dos processos de lavagem, sementeira e distribuição na estufa dos tabuleiros utilizados nos ensaios. ....	34
Tabela 4 Fornecimento de água na rega dos tabuleiros alveolados durante a sua permanência no viveiro. ....	45
Tabela 5 Fornecimento de adubo às plântulas durante a sua permanência no viveiro ....	46
Tabela 6 Material utilizado para a determinação de pH e CE das amostras. ....	52
Tabela 7 Efeito de diferentes concentrações de revestimento de cobre ( <i>copper coating</i> ) nos parâmetros de crescimento das culturas do espinafre, alface verde, alface roxa, pimento e courgette. Os valores apresentados correspondem à média $\pm$ desvio-padrão (n = 5). CPA=comprimento da parte aérea; CC=comprimento dos cotilédones; TE=taxa de	

estiolamento; PP=peso da plântula. Letras iguais na mesma coluna indicam ausência de diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) segundo o teste de Tukey. .... 60

Tabela 8 Efeito de diferentes concentrações de revestimento de cobre (*copper coating*) nos parâmetros do substrato. Os valores apresentados correspondem à média  $\pm$  desvio-padrão ( $n = 4$ ) de pH, condutividade elétrica (CE), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e cobre (Cu) no substrato após aplicação de diferentes concentrações de *copper coating* (0, 25, 40 e 50 g/L). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos, segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). .... 67

# 1. INTRODUÇÃO

A produção hortícola desempenha um papel central na segurança alimentar e na economia agrícola global, sendo responsável por fornecer produtos de elevada qualidade nutricional em sistemas cada vez mais exigentes em termos de eficiência e sustentabilidade (FAO, 2020). Em Portugal, a horticultura em estufa e outros sistemas protegidos tem vindo a ganhar relevância, permitindo não apenas o prolongamento do ciclo de cultivo, mas também uma maior uniformidade e qualidade do material vegetal (Guerreiro et al., 2017). Neste contexto, a fase de produção de plântulas em tabuleiros alveolados assume particular importância, tendo em conta que a qualidade e vigor das plantas transplantadas determinam, em grande medida, o sucesso do ciclo produtivo (Gruda, 2009).

O cobre (Cu) é um micronutriente essencial para as plantas, que atua como cofator em diversas enzimas envolvidas na fotossíntese, respiração e síntese de lignina (Marschner, 2012). Contudo, a sua disponibilidade em excesso pode induzir fitotoxicidade, promovendo a formação de espécies reativas de oxigénio (ROS), e conseqüente danificação das membranas celulares das plantas e inibição de processos fisiológicos fundamentais (Yruela, 2005; Adrees M. A., 2015). Desta forma, o cobre apresenta um papel duplo nos sistemas agrícolas: é benéfico em pequenas doses, e prejudicial em concentrações elevadas.

A tecnologia de *copper coating* consiste na aplicação de revestimentos à base de cobre em substratos ou tabuleiros alveolados, com o objetivo de modificar a arquitetura radicular das plântulas, prevenindo o enovelamento das raízes e a promoção de um maior equilíbrio entre o desenvolvimento aéreo e radicular das plântulas (Ortega et al., 2006). Apesar dos potenciais benefícios desta técnica, os efeitos podem variar significativamente dependendo da cultura, da concentração aplicada e das condições ambientais (Rucińska-Sobkowiak, 2016). Desta forma, é fundamental uma compreensão mais aprofundada sobre os impactos desta prática no desenvolvimento inicial de plântulas de diferentes espécies hortícolas.

Neste trabalho, foram avaliados os efeitos de três concentrações de *copper coating* (25, 40 e 50 g/L) e um controlo (0 g/L) no desenvolvimento inicial de cinco culturas hortícolas (espinafre, alface verde, alface roxa, pimento e courgette) produzidas em tabuleiros alveolados. Foram analisados parâmetros morfológicos, como o comprimento da parte aérea, comprimento dos cotilédones, taxa de estiolamento e peso médio por plântula, bem como parâmetros físico-químicos do substrato, nomeadamente teores de cobre (Cu),

magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), pH e condutividade elétrica (CE). O presente trabalho procura contribuir para uma melhor compreensão da influência do cobre na fase inicial de desenvolvimento vegetal, obtendo informações que poderão conduzir à adoção de práticas agrícolas mais eficientes, seguras e ambientalmente sustentáveis.

Este trabalho teve como objetivos: (1) a avaliação de diferentes concentrações de *copper coating* no crescimento inicial de cinco culturas hortícolas, (2) comparar as respostas fisiológicas e morfológicas entre espécies e, (3) relacionar a acumulação de cobre no substrato com os parâmetros de crescimento avaliados. Desta forma, pressupõe-se que concentrações baixas a moderadas de cobre podem promover o desenvolvimento radicular e produção de biomassa, enquanto concentrações elevadas podem causar efeitos fitotóxicos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Culturas utilizadas

#### 2.1.1 Alface

##### Caracterização da espécie

Da espécie *Lactuca sativa* L., a alface é descendente da espécie silvestre *Lactuca serriola*, tendo origem no Mediterrâneo e o Próximo Oriente (Almeida, 2015).

É uma planta herbácea anual, pertencente à família das asteráceas. Detém um sistema radicular apurado relativamente superficial e pouco ramificado, podendo a raiz principal atingir comprimentos de 60 centímetros quando cultivada em regadio. A parte aérea é muito diferenciada. As alfaces caracterizam-se por apresentar o caule é curto durante a fase vegetativa mas ramifica e alonga-se durante a fase de espigamento, podendo atingir mais de um metro (Almeida, 2015). Esta, é uma espécie de ciclo anual relativamente curto, cuja duração está dependente da cultivar, da região e da época de produção (Almeida, 2015).

##### Exigências edafoclimáticas

A alface é uma cultura que pode ser cultivada em diferentes tipos de solos tendo preferências por solos francos ou argilosos, necessitando de boa drenagem. Solos arenosos favorecem a necrose marginal, podendo estes ser utilizados na cultura de inverno. Em estufa, a alface apresenta maiores sensibilidades nas suas fases iniciais, sendo estas reduzidas ao longo do seu ciclo (Almeida, 2015). As sensibilidades da cultura da alface relativamente ao solo são descritas no Quadro 1.

Quadro 1 Tolerância da alface à acidez e salinidade do solo.

Intervalo ótimo de pH	6,5 a 7,2
Tolerância à acidez do solo	Reduzida
Tolerância à salinidade	Moderada

Fonte: adaptado de Almeida (2015).

A cultura da alface apresenta cultivares adaptadas a diferentes épocas do ano e, embora plantas aclimatadas possam suportar geadas pouco intensas, a sua tolerância ao gelo vai decrescendo com a idade. Da mesma forma, temperaturas elevadas prejudicam

a qualidade da alface, nomeadamente, tornando as folhas mais amargas (Almeida, 2015). O Quadro 2 resume as temperaturas cardinais para a cultura da alface.

Quadro 2 Temperaturas cardinais na cultura da alface.

Parâmetro	Temperatura (°C)
Germinação	
Mínima	2-5
Ótima	15-25
Máxima	30
Temperatura média mensal ótima	15-20
Fase de produção de folhas	13-15

Fonte: adaptado de Almeida (2015).

Quando as temperaturas médias são inferiores a 7°C, o crescimento das plantas é muito reduzido, contrariamente, quando as temperaturas permanecem acima de 24°C durante vários dias, os repolhos não se tornam firmes e os caules tendem a alongar-se, perdendo qualidade. Com temperaturas superiores a 33°C, é favorecida a floração, inutilizando a cultura. Temperaturas de solo/substrato inferiores a 7°C aumentam a possibilidade da incidência de necrose marginal (Almeida, 2015).

Relativamente à luminosidade, a alface é uma cultura que tolera baixas luminosidades, existindo uma interação entre luminosidade e a temperatura na formação do repolho. A baixas luminosidade e temperatura o repolho apresenta maior qualidade de formação, enquanto em temperaturas elevadas e baixa luminosidade, a formação do repolho apresenta menor qualidade. Em condições de dias-longos e luminosidades elevadas, a formação do repolho é melhor a temperaturas próximas dos 20°C (Almeida, 2015).

Neste trabalho foram utilizadas duas cultivares: (i) a cultivar “*Madie RZ*” que se caracteriza por ser uma alface frisada verde de cor clara, porte aberto e alto, compacta e de base bem formada, com facilidade de atingir um bom volume e peso elevado, do tipo batávia, pouco sensível a “*Tipburn*” e por ser uma cultivar de Outono-Inverno (ZWAAN, 2024) e (ii) a cultivar “*Mineral RZ*” caracterizada por ser uma alface roxa frisada, de cor intensa e brilhante, de espigamento lento, do tipo batávia, de porte sempre aberto e de bom volume e cuja produção pode ser realizada durante todo o ano (estufa e ar livre) (ZWAAN, 2024).

## 2.1.2 Espinafre

### Caracterização da espécie

O espinafre é uma cultura pertencente à família das quenopodiáceas cuja espécie é *Spinacea oleracea L.*. De notar que outra cultura designada por espinafre da Nova Zelândia ou tetragónia, não deve ser confundida com o espinafre. O espinafre da Nova Zelândia, cuja espécie é a *Tetragonia tetragonioides* é pertencente à família *Aizoaceae*. Presume-se que o antepassado silvestre do espinafre possa ser a espécie *S. tetrandia*, que surge espontaneamente no noroeste da Índia e do Nepal. Admite-se que esta espécie tenha a sua origem na região do Cáucaso, Irão e Afeganistão (Almeida, 2015).

O espinafre é uma cultura herbácea anual, cujo sistema radicular é apumado, superficial e pouco ramificado. As folhas são dispostas em roseta, são pecioladas e têm o limbo de forma alongada, pontiaguda ou ovada. Na fase da roseta, a planta apresenta alturas de 15 a 25 centímetros, podendo a haste floral atingir os 80 centímetros (Almeida, 2015).

### Exigências edafoclimáticas

A cultura do espinafre é uma cultura de climas frescos que não suporta temperaturas excessivas. Plantas de cultivares mais resistentes podem tolerar até -10°C. Embora a temperatura mínima que permite o desenvolvimento das plantas seja 5°C, o seu desenvolvimento é muito lento, sendo a partir dos 10°C que o espinafre normaliza o seu crescimento. O Quadro 3 resume as temperaturas cardinais para a cultura do espinafre.

Quadro 3 Temperaturas cardinais para a cultura do espinafre.

Parâmetro	Temperatura (°C)
Germinação	
Mínima	2-5
Ótima	20-25
Máxima	30
Vegetação	
Mínima	5
Ótima	15-20
Máxima	32

Adaptado de: Almeida (2015).

As baixas temperaturas induzem a produção de folhas mais espessas e pequenas, mais ásperas e favorecem a formação de ácido oxálico nas folhas (substância prejudicial aquando da sua ingestão e digestão). Quando a temperatura se mantém acima de 15°C em condições de dias longos (>14 horas), a planta entra em fase reprodutiva. Com temperaturas acima de 25°C a qualidade das plantas é reduzida, diminuindo a intensidade da cor e a espessura das folhas (Almeida, 2015).

Relativamente às exigências de solo para esta cultura, o espinafre requer solos férteis com boa drenagem e elevada capacidade de retenção de água, um pH entre 6,5 e 7,0. O desenvolvimento do espinafre é prejudicado por solos ácidos, sendo o avermelhamento dos pecíolos um sintoma da sua sensibilidade à acidez do solo. Em solos salinos pode ocorrer clorose férrica (Almeida, 2015). O Quadro 4 refere as tolerâncias do espinafre à salinidade e à acidez do solo.

Quadro 4 Tolerância da cultura do espinafre à acidez e à salinidade do solo.

Tolerância à salinidade	Moderada a elevada
Intervalo ótimo de pH	6,5 -7,0
Tolerância à acidez	Reduzida

Adaptado de: Almeida (2015).

Neste trabalho foi utilizada a variedade “*Tragopan RZ F1*”, caracterizada por ser uma variedade do tipo oriental e ciclo curto. A planta apresenta porte ereto com grande número de folhas escuras e brilhantes, com pecíolos grandes e flexíveis. Esta variedade é recomendada para colheitas de Outono-Inverno. (ZWAAN, 2025)

### 2.1.3 Pimento

#### Caracterização da espécie

O pimento é o fruto de uma planta solanácea pertencente ao género *Capsicum*, que inclui, atualmente 25 espécies, das quais 5 foram domesticadas. Destas 5 espécies, 3 são cultivadas em regiões tropicais – *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. pubescens* – que detêm uma menor importância a nível global. Assim, as espécies *C. annum*, onde se inserem os pimentos doces e pungentes, e a *C. frutescens*, i.e. o piri-piri, apresentam-se como as principais espécies produzidas (Almeida, 2006).

Nativo das regiões tropicais e temperadas da América, o pimenteiro é uma planta herbácea, ainda que com a idade o caule se torne lenhoso, perene, no entanto, é cultivada como anual em regiões de clima temperado. Apresenta um sistema radicular aprumado, podendo atingir entre 30 e 60 centímetros de profundidade. Com um crescimento do tipo indeterminado e porte ereto, a planta pode atingir 1,5 metros de altura, sendo que existem diferenças entre as cultivares utilizadas em estufa e ar livre (Almeida, 2006).

### **Classificação das cultivares**

As cultivares de *C. annuum* integram-se em dois grupos hortícolas (Almeida, 2006):

1. Grupo *Longum*, no qual se insere a malagueta (sin. jindungo ou pimenta de Caiena).
2. Grupo *Grossum*, no qual estão inseridos os tipos designados por pimento, pimentão e paprica.

Existem vantagens na classificação hortícola dos pimentos tendo em conta o tipo de frutos, podendo assim, considerar-se entre 50 e 75 tipos de frutos inseridos no género *Capsicum*, dos quais se destacam os seguintes (Almeida, 2006):

- i. *Bell*. É o grupo que contém o maior número de variedades e o economicamente mais importante;
- ii. *Pimiento*. Apresenta-se por um fruto cordiforme de sabor doce em que a sua cor muda de verde para vermelho durante o amadurecimento.
- iii. *Jalapeño*. Caracterizam-se por frutos de pericarpo espesso e formato cónico, muito pungentes, e quando imaturos apresentam uma cor verde que muda para vermelho quando maduros.
- iv. *Caiena*. São plantas de frutos de forma irregular ou curva, compridos, muito pungentes e de cor vermelha quando maduros com enrugamento característico.
- v. *Habanero* (*C. chinense*). Apresenta frutos muito pungentes, em forma de lanterna e possuem uma cor laranja ou vermelha quando maduros.
- vi. *Tabasco* (*C. frutescens*). Piripiri.

## Exigências edafoclimáticas

Sendo o pimento uma cultura megatérmica e sensível às geadas, é necessário um longo período livre destas, bem como temperaturas em que a planta do pimento seja capaz de se desenvolver e produzir (Almeida, 2006).

A sua produtividade é melhorada durante o crescimento vegetativo, com temperaturas entre 21 e 23°C, seguida de temperaturas médias de 21°C durante a frutificação e uma variação térmica diária de 7 a 9°C. As temperaturas elevadas (>35°C) provocam a queda das flores e dos frutos jovens, bem como a diminuição do calibre dos mesmos. Quando existem temperaturas médias inferiores a 20°C, ocorre uma diminuição do crescimento da cultura (Almeida, 2006).

Ainda que esta seja uma cultura exigente em intensidade luminosa e indiferente ao fotoperíodo, em Portugal, as altas intensidades luminosas durante o verão prejudicam a sua produtividade (Almeida, 2006). O Quadro 5 refere as temperaturas cardinais para a cultura do pimento.

Quadro 5 Temperaturas cardinais para a cultura do pimento.

Parâmetro	Temperatura (°C)
Danos causados pelo frio	< 10
Germinação	
Mínima	13
Ótima	25
Máxima	37 - 40
Vegetação	
Mínima	10, crescimento reduzido a <15
Ótima	20 - 25 (dia) 16 - 18 (noite)
Máxima	35
Floração	
Mínima	18
Ótima	25
Máxima	35

Adaptado de: Almeida (2006).

Em semelhança à maioria das culturas, o pimento apresenta uma grande plasticidade relativamente ao tipo de solo, desde que preparado de forma adequada à cultura. Ainda assim, tem preferência a solos de texturas arenosas ou francas, bem drenados e profundos, evitando solo argilosos, pela sua capacidade de aquecimento. O

pimento tem relativa sensibilidade ao excesso de água e é moderadamente sensível à salinidade (Quadro 6), adaptando-se bem a valores de pH entre 5,5 e 7,5, sendo mais favoráveis valores entre 6 e 7.

Quadro 6 Tolerância da cultura do pimento à salinidade e à acidez do solo.

Tolerância à salinidade	Moderada
Intervalo ótimo de pH	6,0 - 7,0
Tolerância à acidez	Moderada

Adaptado de: Almeida (2006).

Neste trabalho foi utilizada a variedade “*Ramonete*”, que se caracteriza por originar um fruto do tipo “*Lamuyo*”. A planta caracteriza-se por ser compacta, com um bom comportamento ao ar livre e com intervalo de transplante de abril ao fim de maio. O fruto destaca-se pela qualidade e uniformidade que o fruto mantém até ao fim do ciclo, o predomínio de calibres grandes e é, ainda, recomendado para indústria. (Semillas Fitó, 2022)

## 2.1.4 Género *Cucurbita* – Courgette

### Caracterização da espécie

Todas as espécies cultivadas que incluem o género *Cucurbita* tiveram origem no continente americano, mais concretamente, no México. Neste género integram-se 15 espécies, das quais cinco foram domesticadas. As espécies cultivadas de *Cucurbita* distinguem-se com base nos seus caracteres morfológicos. A espécie *C. pepo* divide-se em duas subespécies, subsp. *pepo* e subsp. *ovifera*. (Almeida, 2006)

Para além das espécies do género *Cucurbita*, existe também a espécie *Langenaria siceraria*, sendo esta designada por abóbora-carneira, cabaço, cabaça, entre outros. No entanto, esta espécie teve a sua origem na Índia, mas apresenta exigências culturais semelhantes às do género *Cucurbita*. Taxonomicamente, o género *Langenaria* é mais próximo ao género *Citrullus* (melancia) do que *Cucurbita*. (Almeida, 2006)

O sistema radicular destas espécies tem capacidade de se estender por uma área apreciável, sendo que a maioria das suas raízes ocupa cerca de 30 centímetros da superfície do solo, podendo a sua raiz pivotante atingir profundidades de até um metro. Os caules são geralmente herbáceos ou ligeiramente lenhificados, podendo atingir, bem como

os ramos secundários cerca de 15 centímetros de comprimento. As espécies de *cucurbita* apresentam grandes flores unissexuadas, de cor amarela ou laranja e ocorrem solitárias nas axilas das folhas. (Almeida, 2006)

### **Terminologia e sinonímia**

A designação das culturas do género *cucurbita* é confusa, tanto em português como noutras línguas, sendo que o termo “abóbora”, não apresenta qualquer significado botânico e é utilizado para designar qualquer das espécies de *Cucurbita* ou *Langenaria* desde que produzam frutos colhidos e consumidos no estado imaturo e com um calibre relativamente grande. (Almeida, 2006)

Desta forma, numa tentativa de definir uma terminologia a ser utilizada no estudo deste grupo de plantas, Almeida (2006) propõe as seguintes definições, bem como a sua tradução em inglês:

1. Abóbora (*pumpkin*): designa os frutos comestíveis, colhidos e consumidos no estado maturo, geralmente numa forma próxima a arredondada.
2. Aboborinha (*squash*): refere-se a frutos de forma não arredondada, dividindo-se em dois grupos:
  - a. Aboborinha de verão (*summer squash*), colhida e consumida no estado imaturo.
  - b. Aboborinha de inverno (*winter squash*), colhida e consumida quando o fruto está no seu estado maturo.
3. Cabaça (*gourd*): designa frutos normalmente pequenos, frequentemente amargos, e não comestíveis.

### **Classificação de Cultivares**

As cultivares de *C. pepo*, podem ser cultivadas em 11 grupos dos quais 8 são comestíveis e 3 são cabaças ornamentais e/ou aproveitadas para outras finalidades. O *zucchini* (fr. Courgette) é a aboborinha de verão mais cultivada em toda a europa. Dentro de cada tipo de *cucurbita*, os principais critérios de seleção das cultivares são: (i) a textura, (ii) a cor da casca e da polpa, e (iii) o tamanho dos frutos. (Almeida, 2006)

No caso da courgette, este é um fruto uniformemente cilíndrico, verde e apresenta uma razão entre comprimento e largura (C/L) entre 3,5 e 5.0 ( $3.5 < C/L < 5.0$ ).

### Exigências Edafoclimáticas

Podendo ser cultivadas entre 14 e 35°C, estas são plantas megatérmicas sensíveis à geada, cujo seu ótimo de temperatura está situado entre os 20 e 25°C. A maioria das plantas de *Cucurbita* são plantas de dias neutros e exigentes em intensidade luminosa (Almeida, 2006). O Quadro 7 apresenta as temperaturas cardinais para as espécies de cucurbita.

Quadro 7 Temperaturas cardinais para as *Cucurbita spp.*

Parâmetro	Temperatura (°C)
Germinação	
<b>Mínima</b>	5-10
<b>Ótima</b>	30-35
<b>Máxima</b>	38
Vegetação	
<b>Mínima</b>	10
<b>Ótima</b>	20-25
<b>Máxima</b>	32

Adaptado de: Almeida (2006).

Em semelhança às restantes cucurbitáceas, as abóboras e as aboborinhas têm preferência por solos ricos em matéria orgânica e bem drenados, enquanto solos arenosos ou franco-arenosos favorecem a precocidade das culturas em questão. Estas espécies não toleram o encharcamento e o pH do solo deve situar-se entre 6 e 6,8 (Quadro 8).

Quadro 8 Tolerância das *Cucurbita spp.* à salinidade e acidez do solo.

Tolerância à salinidade	Moderada a elevada
Intervalo ótimo de pH	6-6,8
Tolerância à acidez	Moderada

Adaptado de: Almeida (2006).

Neste trabalho foi utilizada a variedade “*Dynamic F1*”. Caracteriza-se por ser uma courgette híbrida de cor verde brilhante, com resistência a doenças. (GermiGarden, 2014)

## 2.2 Tecnologia viveirista

Até há poucas décadas, a criação de viveiros hortícolas tinha como principal objetivo adiantar as culturas e encurtar os ciclos culturais tendo em conta as condições atmosféricas existentes. A partir dos anos 60, após a divulgação dos filmes plásticos, o elevado custo do espaço das estufas veio justificar que este seja ocupado o maior tempo possível. A instalação de culturas de ar livre por transplantação veio a ser vulgarizado devido à importância de as plantas serem capazes de suportar o transporte e a plantação, de se adaptarem rapidamente e retomarem o seu crescimento sem atrasos ou redução relativamente às culturas semeadas em local definitivo. (Reis, 2007)

Tradicionalmente, eram transplantadas apenas as plantas que apresentavam crise de transplantação reduzida, e que por esse motivo, podiam ser plantadas de raiz nua (Quadro 9), sendo essa limitação ultrapassada com o desenvolvimento das tecnologias dos viveiros através da cultura individualizada de plantas em substratos. (Reis, 2007)

Quadro 9. Facilidade de transplantação de plantas de raiz nua de algumas espécies hortícolas.

<b>Fácil</b>	<b>Moderada</b>	<b>Difícil</b>
Couve-brócolo	Aipo	Milho-doce
Couve-de-bruxelas	Beringela	Pepino
Couve-repolho	Cebola	Melão cantaloupe
Couve-flor	Pimento	Abóbora
Alface		Melancia
Tomate		

Adaptado de: Reis (2007).

No viveiro é possível selecionar as plantas, eliminando as que apresentam defeitos, permitindo melhorias na produtividade e uniformidade da cultura. Por outro lado o viveiro permite economizar a semente, ponto importante devido ao seu elevado custo. Em comparação com a sementeira em local definitivo, a transplantação dispensa a preparação muito cuidada do solo, como a que é exigida para preparar a cama de sementeira. (Reis, 2007)

No entanto, as plantas produzidas em viveiro estão sujeitas a condições que, muitas vezes, diferem bastante do local definitivo, conduzindo por vezes ao insucesso na plantação se não existirem cuidados na escolha do momento ideal para a transplantação e

acompanhamento pós-plantação que permita ultrapassar a crise de transplantação. (Reis, 2007)

Em viveiro, os principais fatores que irão condicionar a qualidade final da planta são: o controlo das condições climáticas dentro do viveiro, alguns tratamentos específicos que se podem aplicar às plantas, as características do substrato e o seu manuseamento e controlo, e o espaçamento das plantas. (Reis, 2007)

### **2.2.1 Tipos de viveiros**

Para melhorar e/ou proteger as condições ambientais de um viveiro podem utilizar-se abrigos como: redes de sombreamento, quebra-ventos, estufins e túneis ou estufas, dependendo das circunstâncias. (Reis, 2007)

Os viveiros comerciais caracterizam-se por serem estufas sofisticadas que permitem produzir praticamente qualquer planta, em qualquer época do ano. Os pequenos agricultores podem recorrer a estruturas menos complexas, nomeadamente, túneis pequenos, e por vezes com o auxílio do calor originado nas “camas quentes”. A técnica das “camas quentes” tem interesse na medida em que não existe consumo de energia, exceto aquando da sua preparação, permitindo obter temperaturas mais elevadas ao nível da raiz e da parte aérea das plantas, através da decomposição da matéria orgânica utilizada na sua construção. (Reis, 2007)

As “camas quentes” (Figura 1) são formadas por uma camada de materiais orgânicos pouco decompostos, por exemplo estrume (60-70%), de modo que, durante a sua decomposição prolongada, a energia libertada permita a produção das plantas no viveiro. Sobre a matéria orgânica, é colocada uma camada de solo (20-30%) e/ou matéria orgânica bem decomposta (10-20%) ou uma mistura dos dois, que será a cama de sementeira. (Reis, 2007)

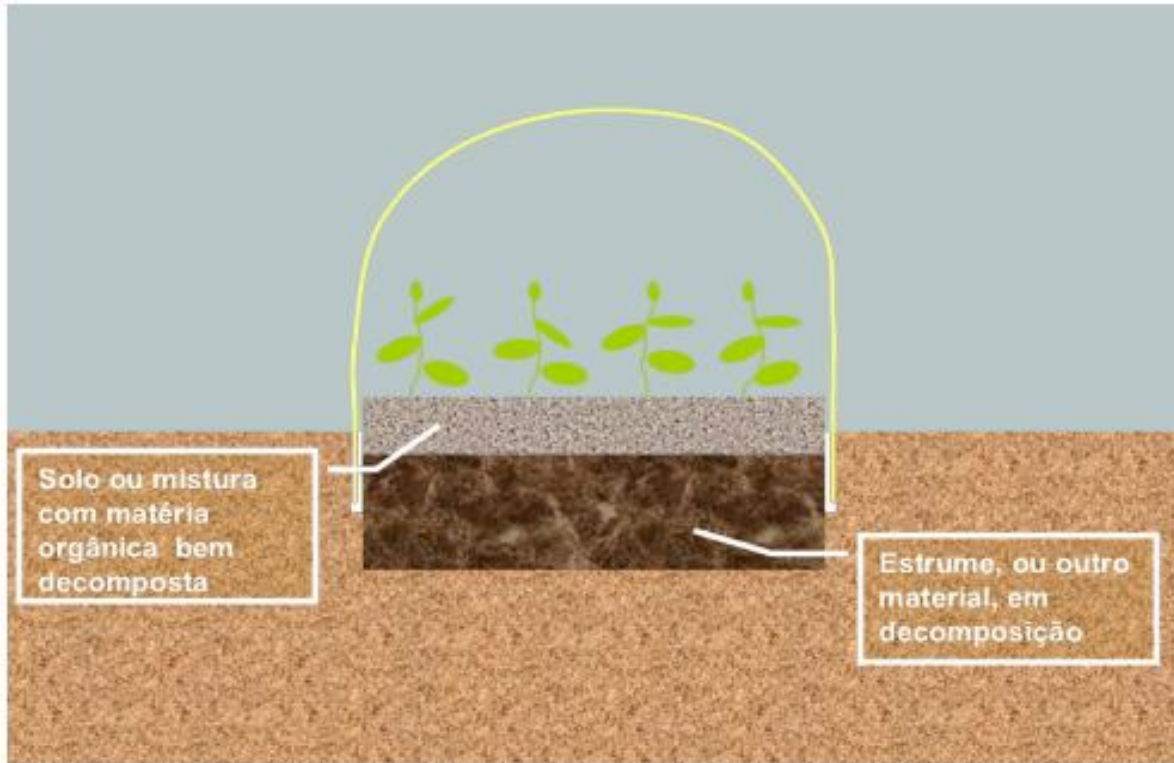


Figura 1 Túnel com cama quente. Fonte: Reis (2007)

Posteriormente, desenvolveram-se os viveiros em “*mottes*” (Figura 2 a)), caracterizados por pequenos cubos de substrato, obtidos pela prensagem em moldes (Figura 2 b)). Este método exige uma mistura especial de substratos de forma a garantir a coesão do mesmo na forma pretendida. Através deste método as plantas já não são transplantadas com raiz nua, obtendo-se, em alguns casos, excelentes resultados, nomeadamente, menores perdas de plantas à plantação e uma maior facilidade de instalação das raízes no solo. (Reis, 2007)

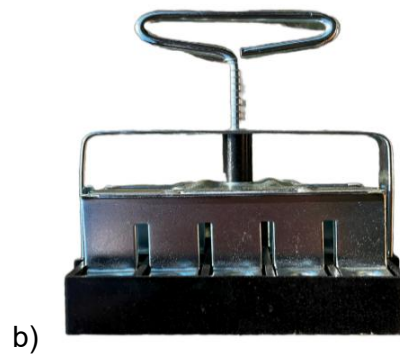


Figura 2 a) “*mottes*” semeados e b) pequeno equipamento manual para o seu fabrico. Fonte: Reis (2007)

O desenvolvimento de contentores de material sintético, em forma de tabuleiros alveolados que se preenchem com substrato, veio a facilitar a mecanização dos viveiros, nomeadamente, no processo de sementeira, transporte e acondicionamento. (Reis, 2007)

### 2.2.2 Tipos de “contentores”

Existem no mercado diversos tipos de contentores, sendo estes, primeiramente, diferenciados pela sua capacidade de reutilização, isto é, se é possível a sua lavagem e reutilização, ou não. Os contentores que não são passíveis de ser reutilizados são geralmente denominados de “One-time-use containers”, isto é, contentores de uso único. (Wilkinson et al., 2014)

Os contentores para propagação de plantas apresentam diversas formas, tamanhos e são constituídos por diferentes materiais, nomeadamente poliestireno expandido (esferovite), polipropileno, material biodegradável (celulose prensada, fibras vegetais). Os contentores podem conter um variado número de alvéolos (entre 28 e 800 alvéolos) sendo que o tipo de contentor a usar está dependente da cultura a produzir, o seu propósito e tamanho. (Jaenicke, 1999; Wilkinson et al., 2014)

A utilização de tabuleiros alveolados (“*Seedling trays*” ou “*Pro-trays*”) (Figura 3) tem vindo a ser uma técnica cada vez mais usada na produção de plântulas devido às suas vantagens. Entre estas destacam-se a melhor germinação das sementes e desenvolvimento antes da sua transplantação, o desenvolvimento de um sistema radicular robusto dentro de 25 a 30 dias, os tabuleiros são isentos de doenças ou pragas, e cada semente detém o seu espaço em cada alvéolo (Yadav & Bajpay, 2019).



Figura 3 Tabuleiros alveolados. Adaptado de: Nutrofertil, 2021.

A utilização desta técnica veio, também, facilitar a logística das empresas viveiristas, nomeadamente, na facilidade de mecanização dos processos de sementeira, transporte e acondicionamento das plântulas.

### 2.2.3 Substratos

Um substrato pode ser definido como todo o material natural, de síntese ou residual, mineral ou orgânico que, utilizado na sua forma simples ou em mistura, tem como funções: servir de suporte à planta; ser-lhe responsável pelo fornecimento de água e nutrientes; para além de permitir as trocas gasosas estabelecidas entre o sistema radicular da planta, os microrganismos nele existentes e o exterior. (Coelho, 2010; Barcelos, 2015)

Todo o substrato, qualquer que seja a sua constituição apresenta uma fase sólida que forma um tipo de malha, no interior da qual se alojam os poros. Estes, por sua vez, encontram-se preenchidos por fluidos, comportando assim uma fase líquida e uma fase gasosa. (Lemaire, 1989)

Cada uma das fases mencionadas apresentam a sua própria função (Lemaire, 1989):

- A fase sólida: serve de suporte ao sistema radicular da planta e assegura a sua estabilidade;
- A fase gasosa: permite as trocas dos gases intervenientes na respiração radicular e microbiana, nomeadamente oxigénio e dióxido de carbono;
- A fase líquida: responsável pelo fornecimento de água e dos elementos nutritivos necessários ao desenvolvimento da planta.

Caso as proporções destes componentes, para cada caso específico, não sejam as adequadas, o crescimento das plantas pode ser afetado pelas seguintes situações (Miner, 1994):

- Asfixia radicular, consequência da falta de oxigénio, que impede a respiração das raízes e dos organismos vivos que se encontram e habitam o substrato;
- Desidratação, que em casos extremos pode levar à morte da planta;
- Desequilíbrios nutricionais, que condicionam e/ou limitam o crescimento das plantas pelo excesso ou carência dos elementos nutritivos necessários;

- Doenças, causadas indiretamente por situações anteriores, uma vez que as plantas ficam mais suscetíveis ao seu aparecimento.

Na produção de plantas em vaso ou qualquer outro contentor, segundo (Martinez, 1991), utiliza-se esta última expressão, uma vez que reúne quaisquer recipientes, com limites precisos ou não, utilizados na produção de plantas em substrato. A proporção entre a fase sólida, líquida e gasosa num substrato depende das suas propriedades físicas (retenção de água e arejamento), biológicas (estabilidade do material) e químicas (relativas à nutrição mineral), para além dos fatores externos implicados. Nestes fatores externos integram-se, uma adequada relação diâmetro/profundidade do contentor, uma aplicação adequada da água de rega e uma aplicação rigorosa e controlada dos nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas.

As propriedades químicas podem ser controladas durante a permanência da planta no contentor (produção de plantas para transplante) e/ou durante todo o processo de crescimento da planta (produção em substrato), pelo que, vários autores (Redlich & Verdure, 1975; Raviv et al., 1986; Handreck & Black, 1991; Mourão et al., 2007) estão de acordo que as propriedades físicas (70-80%) dos substratos são mais importantes que as químicas (20-30%). Isto deve-se ao facto de não ser possível a alteração da relação ar-água após a seleção do meio de crescimento e as raízes terem iniciado o seu desenvolvimento nesse meio. Ainda assim, esta afirmação não diminui a importância das propriedades químicas, uma vez que as condições ideais de desenvolvimento das plantas são obtidas através da combinação adequada de todas as propriedades dos meios de cultivo (Coelho, 2010).

As propriedades químicas consideradas de maior importância dos substratos como integrantes dos meios de suporte de culturas produzidas em contentores são: o pH, a disponibilidade de nutrientes, o poder tampão, o grau de decomposição, a capacidade de troca catiónica (CTC) e a condutividade elétrica (CE). (Raviv et al., 1986; Kämpf, 2000; Ferraz et al., 2005)

As condições hídricas e o arejamento são considerados os principais fatores físicos que afetam o desenvolvimento das plantas em substrato determinando, não só, a disponibilidade de ar e água, como também afetam as suas propriedades térmicas, disponibilidade de nutrientes no meio e a atividade biológica (Heiskanen, 1993).

De uma forma geral, os componentes orgânicos utilizados nas formulações de substratos devem ser capazes de resistir à degradação biológica, pelo menos durante o período de permanência no contentor e não deve compactar-se, tornando-se duro e pouco arejado. Se caso não acontecer, podem verificar-se mudanças significativas na sua componente física e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento da cultura. Numa condição ideal, o substrato deve encontrar-se livre de infestantes, microrganismos patogénicos suscetíveis de causar o desenvolvimento de doenças e inviabilidade de cultivo, pragas, e possuir substâncias e microrganismos benéficos, nomeadamente, bactérias rizosféricas promotoras de crescimento, fungos micorrizicos e leveduras, capazes de promover o bom desenvolvimento das culturas. (Insausti, 1993; Reis, 2023)

Substratos orgânicos não estabilizados, como estrumes ainda em fermentação, turfa mal decomposta e resíduos de agroindústrias frescos, podem conduzir a situações pouco desejáveis que interferem com o bom desenvolvimento das culturas, tais como:

- Imobilizações de azoto, quando possuem uma relação C/N elevada (>30:1), devido ao consumo de azoto disponível, por parte dos microrganismos, para a degradação do excesso de carbono, e a conseqüente indisponibilidade para as plantas, comprometendo o seu desenvolvimento. (Inbar, 1993);
- Risco de deficiência de oxigénio e toxicidade indireta ao nível radicular, devendo-se à fermentação destes substratos, com consumo de oxigénio e a produção de compostos tóxicos em condições anaeróbias, podendo resultar em hipoxia radicular e toxicidade, respetivamente, afetando a viabilidade das plantas (Inbar, 1993);
- Toxicidade por amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), quando existe uma baixa relação C/N, devido ao excesso de azoto não assimilado pelos microrganismos transformado em  $\text{NH}_3$  causa toxicidade radicular e a redução da viabilidade das culturas (Inbar, 1993);
- Problemas de salinidade, resultantes da incorporação de microrganismos mortos, após o processo de decomposição, com a libertação de sais minerais que aumenta a condutividade elétrica do meio e o conseqüentes problemas na absorção de água e nutrientes pelas plantas. (Raviv et al., 1986)

Relativamente à atividade química dos substratos, estes podem ser classificados como quimicamente ativos ou inertes. No primeiro caso, os substratos apresentam elevada CTC, retêm nutrientes e reagem com a solução nutritiva, devido à presença de coloides orgânicos e/ou minerais com cargas negativas que permitem as trocas e retenção de nutrientes e

consequente estabilização da solução nutritiva. No caso dos substratos inertes, estes apresentam uma baixa ou nula CTC, não reagem quimicamente com a solução nutritiva e tem como principal função manter a adequada relação ar/água e a fixação da planta. Isto deve-se à ausência de coloides que faz como que não haja retenção de nutrientes, limitando a sua função apenas ao suporte físico e equilíbrio hídrico. (Quintero et al., 2011)

Os substratos podem ser classificados, baseados em três critérios principais: origem, granulometria e atividade química (Figura 4):

- Segundo a origem, os substratos podem ser naturais ou de síntese. Os naturais subdividem-se em orgânicos, que não sofrem tratamento prévio além da homogeneização granulométrica (ex.: turfa, casca de pinheiro), e inorgânicos, que passam por algum tipo de tratamento, geralmente térmico, que altera significativamente a estrutura da matéria-prima (ex.: perlita, lã de rocha).
- Segundo a granulometria, a classificação distingue substratos com partículas de diâmetro inferior a 3 mm e substratos com partículas de diâmetro superior a 3 mm, influenciando diretamente a porosidade, a retenção de água e o arejamento.
- Segundo a atividade química, os substratos podem ser considerados inertes, quando não apresentam reações químicas relevantes com a solução nutritiva (ex.: areia lavada, perlita), ou quimicamente ativos, quando possuem capacidade de troca catiónica (CTC) significativa, interagindo com nutrientes e contribuindo para a capacidade tampão do meio (ex.: turfa, fibra de coco).



Figura 4 Representação esquemática referente à classificação de substratos. Adaptado de: (Quintero et al., 2011).

#### 2.2.4 Turfa

A turfa é o material orgânico mais utilizado como meio de cultivo quer para culturas em contentor como em produção de plantas para transplantar e envasar. É um substrato que tem origem nas turfeiras e é formado através da acumulação e decomposição muito lenta de matéria vegetal, nomeadamente musgos do género *Sphagnum*, plantas herbáceas e lenhosas em condições propícias à acumulação de biomassa. A decomposição da matéria vegetal dá-se através de vias anaeróbias ou semi-anaeróbias, baixas temperaturas, baixo pH, má drenagem e baixo nível de nutrientes. (Barcelos, 2015; Matos, 2011)

Para a germinação e desenvolvimento de plântulas em viveiro, os substratos à base de turfa de *Sphagnum* refere-se como o mais adequado, pela sua excelente estrutura física (alta porosidade, baixa densidade) e baixa salinidade, embora seja necessária a correção do pH para valores entre 5,5-6,0 para uma melhor disponibilidade de nutrientes.

As turfas distinguem-se, de entre outras características, pelo tipo de vegetação que as originou, o teor de minerais e o grau de decomposição. (Barcelos, 2015; Raviv et al., 1986; Brito & Mourão, 2012; Coelho, 2010; Matos, 2011)

Segundo (Raviv et al., 2002), as turfas são classificadas física e quimicamente mediante o tipo de matéria vegetal que lhe deu origem. O Quadro 10 apresenta as principais características físicas e químicas de cada tipo de turfa.

Quadro 10 Principais características físicas e químicas dos diferentes tipos de turfas.

<b>Tipo de turfa</b>	<b>Espécies que a compõem</b>	<b>Grau de decomposição</b>	<b>pH</b>	<b>Cinzas (%)</b>	<b>Azoto (N) (%)</b>	<b>Densidade aparente (g.cm<sup>-3</sup>)</b>
Sphagnum	<i>Sphagnum</i>	Muito Baixo	3 - 4	1 - 5	0.6 - 1.4	0.07 - 0.11
Hypnum	<i>Hypnum</i> , <i>Polystrichum</i> , <i>Sphagnum</i> <i>spp.</i>	Baixo	5 - 7	4 - 10	2 - 3.5	0.08 - 0.16
Reed-sedge	<i>Juncus</i> , <i>Carex</i> , <i>Eriophorum</i> , <i>Molinea</i> .	Médio	4 - 7.5	5 - 18	1.5 - 3.5	0.16 - 0.29
Humus	Não Distinguível	Elevado	5 - 7.5	10 - 50	2 - 3.5	0.32 - 0.65

Adaptado de: (Raviv et al., 2002)

No meio hortícola, a turfa é usualmente classificada pelo seu grau de decomposição através da escala de Von Post (Anexo XII) (Reis, 1997; Martinez et al., 1988) como:

- Turfas muito evoluídas – H7-H10. São incluídas as castanhas escuras e as negras ou pretas. A água exsudada é muito reduzida, encontrando-se esta turfa decomposta na sua totalidade. Os tecidos vegetais não se distinguem na solução resultante da sua decomposição. São turfas com uma capacidade de arejamento baixa.

- Turfas medianamente evoluídas – H4-H6. São denominadas por turfas castanhas ou escuras. A água exsudada é turva e permanece pouca ou nenhuma turfa entre os dedos após espremer. Os resíduos das plantas são de difícil distinção e quando secas, este tipo de turfas fica endurecido.
- Turfas pouco evoluídas – H1-H3. Estão incluídas as turfas louras ou claras até às trufas castanhas-claras. A água exsudada é clara. Os elementos vegetais destas turfas são facilmente distinguíveis e, quando secas, estas não endurecem.

Adaptado de: (Coelho, 2010)

### **2.2.5 Copper Coating**

O cobre (Cu) é um micronutriente essencial para as plantas, desempenhando funções-chave em processos fisiológicos e bioquímicos, como o transporte de eletrões na fotossíntese e respiração, a síntese de lignina e a ativação de enzimas antioxidantes. Embora seja requerido em pequenas quantidades, a sua presença é indispensável para assegurar o crescimento equilibrado e a resistência estrutural e fisiológica das culturas. A deficiência de cobre pode comprometer o desenvolvimento radicular e foliar, reduzir a eficiência fotossintética e enfraquecer os tecidos vegetais, enquanto concentrações excessivas podem provocar fitotoxicidade, podendo inibir a germinação, o crescimento radicular e provocar stresse oxidativo – fenómeno que ocorre quando a acumulação de cobre excede a capacidade de regulação das plantas (Yruela, 2005; Clemens, 2006). Assim, o cobre assume uma dupla importância, sendo simultaneamente vital ao metabolismo vegetal e potencialmente tóxico quando presente em excesso, reforçando a necessidade de um equilíbrio adequado na sua disponibilização. (Alloway, 2008; Yruela, 2005; Broadley et al., 2012)

A qualidade das plântulas produzidas em viveiros é um dos fatores determinantes para o sucesso de culturas hortícolas em sistemas intensivos de produção. Em tabuleiros alveolados, o reduzido espaço radicular pode levar a fenómenos de enovelamento das raízes – fenómeno que ocorre quando o crescimento radicular é restringido pelo espaço reduzido e pelas paredes do contentor, levando as raízes a desenvolverem-se em círculos ou massas compactas – reduzindo o vigor e a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plântulas após o transplante comprometendo o seu desenvolvimento (Gruda, 2009). Para evitar este problema, têm vindo a ser estudadas diversas técnicas de modificação de recipientes de produção, entre as quais se destaca o uso de *copper coating*.

O *copper coating* consiste na aplicação de revestimentos à base de cobre na superfície dos alvéolos dos tabuleiros ou substratos, com o objetivo de inibir o crescimento lateral das raízes (poda química das raízes) e evitar o seu envelhecimento (Ortega et al., 2006; Lima et al., 2018). Quando as raízes entram em contacto com a camada de cobre, ocorre a morte das extremidades radiculares em crescimento, promovendo a ramificação vertical originando sistemas radiculares mais compactos, ramificados e funcionais (Rucińska-Sobkowiak, 2016) (Figura 5). Este efeito favorece o equilíbrio fisiológico entre a parte aérea e radicular da planta, resultando em plântulas de maior qualidade e melhor adaptação no momento do transplante.

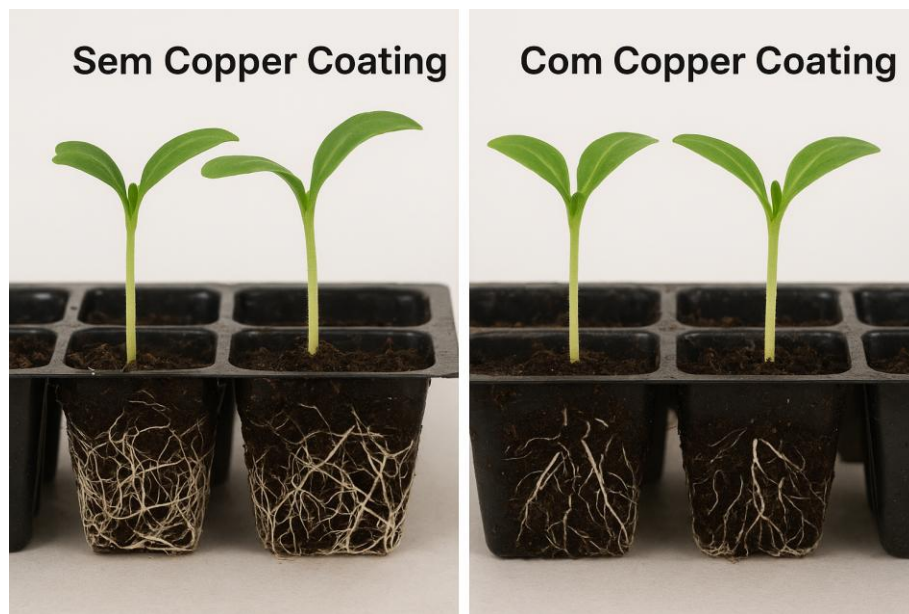


Figura 5 Diferenças entre sistemas radiculares desenvolvidos em tabuleiros alveolados com e sem aplicação de *copper coating*. Fonte: OpenAI, (2025)

Apesar dos benefícios associados, o cobre apresenta uma natureza dual: em concentrações adequadas apresenta efeitos de um micronutriente essencial, participando em processos como a fotossíntese, respiração e defesa antioxidante (Marschner, 2012), mas em doses excessivas pode induzir fitotoxicidade, com consequências para as membranas celulares, metabolismo enzimático e crescimento vegetal (Yruela, 2005; Adrees M. A., 2015). Desta forma, a eficácia da aplicação de *copper coating* depende de diversos fatores, nomeadamente, a espécie cultivada, a concentração de cobre aplicada, o tipo de substrato utilizado e as condições ambientais de crescimento. (Lima et al., 2018)

A aplicação de *copper coating* em tabuleiros alveolados implica que as raízes jovens permaneçam em contacto direto com compostos à base de cobre durante o período de

produção, o que pode influenciar o desempenho das plantas após a transplantação. Mesmo na ausência de sintomas de fitotoxicidade em viveiro, pequenas acumulações de cobre nas zonas de crescimento radicular podem afetar a capacidade de regeneração das raízes mais finas e a velocidade de emissão de novos ápices após a instalação no campo (Arnold & McDonald, 2009). Como resultado, algumas espécies podem apresentar um período inicial de adaptação mais lento, refletido numa exploração mais gradual do solo e numa resposta menos imediata às condições edafoclimáticas após o transplante. Assim, torna-se fundamental avaliar não apenas o efeito do *copper coating* durante a fase de viveiro, mas também a sua influência no estabelecimento inicial das plântulas no campo, garantindo que a formulação e intensidade do revestimento de cobre são adequadas às exigências de cada cultura e ao respetivo ciclo de produção.

De forma geral, esta técnica tem revelado resultados promissores em diferentes espécies florestais e hortícolas, com ganhos significativos na qualidade das plântulas produzidas em viveiro (Ortega et al., 2006; Lima et al., 2018). No entanto, continua a existir reduzido conhecimento relativamente às doses ótimas de aplicação e aos possíveis efeitos a médio e longo prazo, justificando a necessidade de novos ensaios em diferentes espécies e sistemas de cultivo.

## **2.2.6 Influencia do cobre na dinâmica de nutrientes minerais (Ca, Mg, P e K)**

### **2.2.6.1 Influencia do cobre no metabolismo e absorção de cálcio**

O cálcio (Ca) é um macronutriente essencial para as plantas, que desempenha funções estruturais na parede celular, na integridade das membranas e na sinalização intracelular, particularmente em respostas a estímulos ambientais e processos de crescimento (Marschner, 2012). A sua disponibilidade é fundamental para a estabilidade e funcionamento celular, e está diretamente associada à resistência mecânica dos tecidos vegetais e ao desenvolvimento radicular.

A presença excessiva de cobre (Cu), contudo, pode interferir negativamente na absorção e utilização do cálcio pelas plantas. Este antagonismo deve-se, em parte, à competição por locais de adsorção na rizosfera e à alteração da permeabilidade das membranas celulares em condições de toxicidade por cobre (Kabata-Pendias, 2011; Maksymiec, 2007). Níveis elevados de Cu podem reduzir a absorção dos iões de cálcio

(Ca<sup>2+</sup>), comprometendo os processos fisiológicos como a divisão celular, o alongamento radicular e a resistência a stresses bióticos e abióticos (Yruela, 2005).

Outros ensaios têm revelado que a toxicidade por cobre está frequentemente associada a distúrbios na homeostase do cálcio, que resultam em alterações na organização da parede celular e em fenômenos de plasmólise em células radiculares (Babula et al., 2008). Além disso, o desequilíbrio entre Cu e Ca pode afetar a sinalização de cálcio, interferindo na capacidade das plantas de responder adequadamente a estímulos externos, como variações de salinidade, stress hídrico ou ataques patogênicos (Hall, 2002).

Assim, a interação entre o cobre e o cálcio revela-se com particular interesse na avaliação dos efeitos do *copper coating*, uma vez que concentrações excessivas de Cu podem comprometer a disponibilidade de Ca, prejudicando tanto a estabilidade estrutural como a fisiologia celular das plântulas. A compreensão desta relação é essencial para definir limites seguros de aplicação de compostos à base de cobre em sistemas de produção hortícola.

#### **2.2.6.2 Influencia do cobre no metabolismo e absorção de magnésio**

O magnésio (Mg) é um macronutriente secundário essencial para as plantas, e desempenha funções centrais no metabolismo vegetal. É o elemento estrutural da molécula de clorofila, e participa diretamente na fotossíntese, além de atuar como cofator enzimático em reações de transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos e estabilização de ribossomas (Marschner, 2012). Uma disponibilidade adequada de Mg é, portanto, indispensável para o crescimento equilibrado das plantas e para a manutenção da sua capacidade fotossintética.

O excesso de cobre (Cu), contudo, pode afetar negativamente a absorção e utilização de magnésio pelas plantas. Trabalhos prévios revelaram que concentrações elevadas de Cu no solo/substrato podem induzir antagonismo iônico, reduzindo a absorção dos íons de magnésio (Mg<sup>2+</sup>) pelas raízes podendo comprometer o transporte deste nutriente para os tecidos da parte aérea (Kabata-Pendias, 2011; Rengel, 1999). Este efeito pode manifestar-se em sintomas de deficiência de magnésio, como clorose internerval em folhas mais velhas e decréscimo na taxa fotossintética (Maksymiec, 2007; Broadley et al., 2007). Além disso, a interação Cu–Mg pode estar associada ao stresse oxidativo induzido pelo excesso de cobre, que aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e afeta a

integridade das membranas celulares. A menor disponibilidade de Mg agrava este cenário, uma vez que este nutriente está envolvido na ativação de enzimas antioxidantes responsáveis pela mitigação do stresse oxidativo (Hall, 2002; Babula et al., 2008).

Assim, a relação entre cobre e magnésio assume particular importância em sistemas de produção intensiva, onde a utilização de tecnologias como o *copper coating* pode alterar a disponibilidade de nutrientes no substrato. O equilíbrio entre Cu e Mg deve, portanto, ser cuidadosamente avaliado, de forma a evitar perturbações metabólicas que comprometam o crescimento e a eficiência fotossintética das plântulas.

### **2.2.6.3 Influencia do cobre no metabolismo e absorção de fósforo**

O fósforo (P) é um macronutriente essencial para o crescimento vegetal, que desempenha papéis fundamentais na transferência e armazenamento de energia (ATP e ADP), na síntese de ácidos nucleicos, fosfolípidos e na regulação de vários processos metabólicos (Marschner, 2012). A sua disponibilidade é indispensável para o desenvolvimento inicial das plântulas, especialmente em sistemas intensivos de produção hortícola.

A presença de cobre (Cu) em excesso pode interferir na absorção e utilização do fósforo pelas plantas. Essa interferência ocorre, principalmente, devido à formação de complexos insolúveis Cu-P no solo/substrato, que reduzem a disponibilidade de fósforo assimilável pelas raízes (Kabata-Pendias, 2011; Adriano, 2001). Como consequência, mesmo em solos com teores ótimos de P total, as plantas podem apresentar sintomas de deficiência, entre os quais, o crescimento reduzido, coloração púrpura em tecidos jovens e menor eficiência fotossintética (Alloway, 2013).

Além disso, trabalhos prévios indicam que a toxicidade por cobre pode afetar o metabolismo interno do fósforo, interferindo na atividade de enzimas dependentes de fosfato, como as fosfatases e as ATPases da membrana (Yruela, 2005; Maksymiec, 2007). Esta inibição compromete a produção de energia e a regulação do transporte iônico, originando decréscimos significativos no crescimento da parte aérea e no desenvolvimento radicular.

Assim, a interação entre cobre e fósforo é particularmente relevante em sistemas de cultivo protegidos ou em substratos sujeitos a acumulação de Cu, como no caso da

utilização da técnica de *copper coating*. O aumento da disponibilidade de cobre pode limitar a assimilação de fósforo, exigindo uma gestão rigorosa dos níveis destes dois nutrientes para assegurar o equilíbrio nutricional das plântulas e evitar perdas de produtividade.

#### **2.2.6.4 Influencia do cobre no metabolismo e absorção de potássio**

O potássio (K) é um macronutriente essencial que desempenha papéis cruciais no metabolismo vegetal, estando envolvido na regulação osmótica, na ativação enzimática, na abertura e fecho estomático e no transporte de fotoassimilados (Marschner, 2012). Ao contrário de outros macronutrientes, o K não integra compostos orgânicos estáveis na planta, exercendo sobretudo funções de regulação e de equilíbrio iônico.

O excesso de cobre (Cu) no solo/substrato pode afetar a absorção e a utilização de potássio, ainda que de forma menos direta do que com outros nutrientes. A principal forma de interação do K ocorre através da alteração do equilíbrio iônico na rizosfera e da competição por transportadores de membrana. Elevadas concentrações de íons de cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) podem comprometer o funcionamento de bombas de  $\text{H}^+$ -ATPase e canais de  $\text{K}^+$ , reduzindo a absorção deste nutriente e afetando processos fisiológicos dependentes do potássio (Maksymiec, 2007; Singh A. P., 2016).

Outros estudos sugerem que plantas expostas a toxicidade por cobre podem apresentar desequilíbrios nutricionais, com diminuição do teor foliar de potássio, o que compromete a regulação estomática e a tolerância ao stress hídrico (Hall, 2002; Kabata-Pendias, 2011). Além disso, o antagonismo Cu–K pode afetar a relação osmótica celular, reduzindo a turgescência e a interferência no crescimento da parte aérea e no alongamento celular. (Broadley et al., 2012)

Desta forma, ainda que o efeito do cobre sobre o potássio não seja tão marcado quanto sobre outros nutrientes, a sua influência indireta no metabolismo iônico pode ter implicações significativas no crescimento e produtividade das plantas. Em sistemas protegidos que é utilizada a técnica de *copper coating*, torna-se relevante a monitorização, não apenas o teor de Cu no substrato, mas também os níveis de K, de modo a assegurar a manutenção do equilíbrio nutricional das plântulas.

### **2.2.7 Rega por aspersão**

A rega por aspersão é amplamente utilizada tanto em viveiros, na produção de plântulas em tabuleiros alveolados, como em campo aberto, constituindo um dos métodos mais versáteis e difundidos de aplicação de água na agricultura. O princípio de funcionamento baseia-se na projeção da água sob pressão através de bicos aspersores, que a fragmentam em gotas e a distribuem sobre a superfície do solo, simulando a precipitação natural (Keller & Bliesner, 1990).

No contexto de viveiro, este método apresenta a vantagem de assegurar uma aplicação uniforme da água sobre os tabuleiros, favorecendo uma germinação homogênea e o crescimento equilibrado das plântulas. A sua automatização reduz a necessidade de mão de obra e permite a aplicação conjunta de soluções nutritivas (fertilregagem). Contudo, apresenta limitações como perdas por evaporação e deriva, e a possibilidade de favorecer doenças fúngicas devido à manutenção prolongada de folhagem húmida.

Na produção agrícola ao ar livre, a rega por aspersão é valorizada pela sua flexibilidade: pode ser utilizada em diferentes tipos de solo e em terrenos irregulares, onde outros sistemas seriam inviáveis. Entre as vantagens, destaca-se a boa uniformidade de aplicação, a possibilidade de adaptação a diversas culturas e a redução do esforço humano. No entanto, apresenta também desvantagens, como o maior consumo energético, devido à necessidade de pressão elevada para o funcionamento, e perdas significativas de água por evaporação e vento, sobretudo em regiões quentes e ventosas (Howell, 2003).

Quando comparada com outros métodos, como a rega por superfície, a aspersão revela maior eficiência no uso da água, evitando encharcamentos e perdas por escoamento. Em relação à rega localizada (gota-a-gota ou micro-aspersão), apresenta menor eficiência hídrica, uma vez que distribui água em toda a superfície, mas permite irrigar áreas maiores em menos tempo e realizar práticas como a arrefecimento do ambiente ou proteção contra geadas. Em termos de eficácia, a rega por aspersão pode alcançar eficiências de aplicação de 70–85%, dependendo do tipo de equipamento, condições climáticas e manejo adotado (Fererres & Soriano, 2007). Assim, a sua utilização deve ser ponderada em função da cultura, do clima e dos recursos disponíveis, garantindo um compromisso entre eficiência no uso da água, uniformidade de aplicação e viabilidade económica.

### **2.2.8 Sementes: características, manejo e sementes revestidas**

As sementes constituem a base da produção agrícola, sendo determinantes para a qualidade e uniformidade das plântulas obtidas em viveiro. As suas características físicas, fisiológicas e sanitárias influenciam diretamente a taxa de germinação, a emergência e o vigor inicial das plantas. Entre os principais atributos destacam-se a pureza varietal, a viabilidade, o poder germinativo, o vigor e o estado fitossanitário (Filho, 2005).

O manejo das sementes inclui práticas de seleção, armazenamento e tratamento pré-germinativo que asseguram a manutenção do seu potencial fisiológico. O armazenamento deve ser realizado em condições de baixa temperatura e humidade controlada, reduzindo a atividade metabólica e a incidência de microrganismos. Adicionalmente, tratamentos como a desinfecção superficial ou a aplicação de bioestimulantes podem favorecer uma germinação mais rápida e uniforme. (Bewley et al., 2013)

Uma tecnologia cada vez mais utilizada é o revestimento de sementes, que consiste no revestimento individual das sementes com materiais inertes ou bioativos, formando uma camada uniforme que lhes confere maior uniformidade de tamanho e forma, facilitando a sementeira mecânica em tabuleiros alveolados. Este processo permite ainda a incorporação de nutrientes, fungicidas, inseticidas ou microrganismos benéficos, contribuindo para uma germinação mais eficiente e proteção contra pragas e doenças (Nascimento & Cantliffe, 2002).

Entre as vantagens do revestimento de sementes destacam-se a facilidade de manuseio e precisão na sementeira mecânica, graças à uniformização do tamanho e forma, proteção física da semente, redução de danos mecânicos e oscilações de humidade, que permitem a proteção contra organismos patogénicos e pragas, o fornecimento de nutrientes na fase inicial e melhor uniformidade de germinação e emergência, favorecendo a produção de plântulas homogéneas.

Os materiais utilizados no revestimento de sementes podem incluir pós minerais (como talco, argila de porcelana e calcário), materiais orgânicos (turfa moída, fibras vegetais) e agentes adesivos (gomas, polímeros solúveis). A escolha do material e a espessura do revestimento devem ser ajustadas em função da espécie e das condições de germinação (Copeland & McDonald, 2001).

Contudo, esta técnica também apresenta desvantagens como o possível atraso na germinação, devido à barreira física criada pelo revestimento, sobretudo em condições de

baixa humidade, o aumento do custo de produção, associado ao processamento adicional e a dependência da qualidade do revestimento, já que camadas demasiado espessas ou pouco permeáveis podem reduzir a taxa de emergência.

As culturas que mais beneficiam desta técnica são aquelas cujas sementes apresentam pequeno tamanho ou formato irregular, como alface, cenoura, cebola, tabaco e algumas espécies ornamentais, pois o revestimento melhora a precisão da sementeira e a uniformidade das plântulas.

Existem ainda diferentes tipos de revestimento utilizados em sementes, cada um com finalidades distintas:

- Peliculização (film coating) – aplicação de uma película fina e colorida, que não altera significativamente o tamanho da semente; usada para facilitar a identificação, reduzir poeiras e veicular tratamentos químicos.
- Encrostamento (encrusting) – revestimento moderado que aumenta ligeiramente o tamanho e peso, proporcionando melhor fluidez na sementeira mecânica e permite a incorporação de protetores ou estimulantes.
- Revestimento (pelleting) – revestimento espesso que confere formato esférico ou regular, indicado para uniformizar sementes muito pequenas ou irregulares (ex.: alface, cenoura), favorecendo a sementeira de precisão.

Assim, o revestimento de sementes, quando corretamente realizado, constitui uma ferramenta de grande utilidade na horticultura moderna, ao conciliar benefícios físicos, fisiológicos e fitossanitários, permitindo melhorar a eficiência da produção em viveiro.

### **2.2.9** Caracterização da empresa Germiplanta, viveiros de planta, Lda.

A Germiplanta, viveiros de plantas, Lda., constituída em 1987, dando estrutura à visão estratégica e pioneira, permitiu identificar a oportunidade de mercado para a produção de viveiros de hortícolas, numa altura em que era comum a produção própria de plantas de viveiro e o uso de plantas de raiz nua.

Situada em Monte Redondo - Leiria, zona privilegiada de acessos e central, por referência às principais regiões produtoras de hortícolas do país. Aí foram instaladas as primeiras

estruturas da empresa constituídas por uma área de forçagem com cerca de 1000 m<sup>2</sup> e um armazém com cerca de 150 m<sup>2</sup> onde se instalou um germinador artesanal e um semeador.

No primeiro ano, a quantidade de plantas hortícolas comercializadas pela empresa atingiu os 1,2 milhões de unidades e, no 3º ano, cerca de 11 milhões de unidades.

A construção, em 1995, de um pavilhão de produção e de apoio socio-administrativo permitiu o incremento da produção para responder às necessidades de mercado.

Atualmente a GERMIPLANTA é um viveiro de plantas hortícolas e aromáticas em ambiente controlado, legalmente autorizado (licença n.º P 04H), que produz anualmente cerca de 100 milhões de plantas de todo o tipo de hortícolas e aromáticas destinadas ao mercado do território continental e ilhas.

Nas hortícolas, as principais espécies produzidas são no domínio das brássicas, cucurbitáceas, solanáceas, asteráceas e liliáceas.

Em 2012 foi iniciada a comercialização de plantas aromáticas e medicinais em modo de produção biológico tendo sido comercializadas 600 mil plantas, considerando-se um mercado em franca expansão. No ano de 2013, conta com a certificação em modo de produção biológico, não só para as plantas aromáticas e medicinais, mas também para as hortícolas que iniciaram os primeiros passos.

O atual quadro de pessoal é constituído por 62 funcionários, sendo 5 com formação superior na área agrícola.

A empresa possui mais de 2800 clientes ativos nas 5 regiões continentais do país

Em suma, a gestão tem prosseguido um processo gradual de reestruturação e aumento da área de viveiros, orientando a produção no sentido da qualidade e da inovação.

Atualmente, a empresa detém 5 hectares de estufas de estilo gótico em metal galvanizado e revestimento plástico de polietileno, divididos em duas unidades de produção, G1 e G2. A unidade G1, com uma área aproximada de 1 hectare, é responsável pela produção de plântulas aromáticas e medicinais com a vertente de venda ao público, enquanto a unidade G2, com uma área de 4 hectares, é responsável pela produção de plântulas hortícolas. Ambas as unidades de produção estão destinadas apenas à produção de plântulas para venda.

### 3. MATERIAL

#### 3.1 Local de Realização dos Ensaios

O presente trabalho foi desenvolvido nas estufas da empresa Germiplanta, viveiros de plantas, Lda., descrita anteriormente (capítulo 2.2.9), e decorreu de 1 de Setembro de 2024 a 31 de Junho de 2025.

##### 3.1.1. Caracterização da estufa

A estufa onde foi realizado o estágio caracteriza-se por ser do tipo gótico, construída por tubos metálicos galvanizados, dimensionada com 9,60 metros de largura, um comprimento de 150 metros, e um pé direito de 4,5 metros e com revestimento de plástico de polietileno. A estufa apresenta aberturas zenitais bem como laterais, comandadas por sensores de temperatura interiores e exteriores e anemómetros colocados no exterior da estufa (Sistema LitoralRegas v517.516.13). A rega é realizada com a utilização de barras de rega (Figura 19 a)), com 34 bicos de aspersão (Figura 19 b)) e possibilidade de alteração de caudal. O aquecimento da estufa é assegurado pela circulação de água, aquecida por caldeiras a combustível, em tubagens colocadas à superfície do solo.

#### 3.2 Material utilizado

Para a realização dos ensaios foram utilizados diversos materiais e equipamentos que asseguraram as condições adequadas para a instalação e desenvolvimento das culturas. Recorreu-se a 80 tabuleiros alveolados de 216 alvéolos para a sementeira das diferentes espécies, previamente sujeitos a processos de lavagem e desinfeção térmica com recurso ao sistema de lavagem Conic System® LNB-200 e a dois fornos de desinfeção térmica FDB-100 da mesma marca, complementados com desinfeção química através de OXI PREMIUM® 15, um desinfetante bactericida de uso agrícola. Para a preparação das soluções de *copper coating* foi utilizado o fungicida Cuprital®, à base de oxicloreto de cobre, e o primário Argalite incolor (Arga®), constituído por Pliolite®. O processo de sementeira mecânica foi realizado através do sistema Conic System® Pro-300, recorrendo ao substrato comercial Kekkilä Professional® (DSM 05 W KS5 R7712), previamente descompactado com o carregador vertical Atlantic Man® BIG BALE V. Após a sementeira, os tabuleiros foram mantidos em câmara de germinação equipada com bomba de calor Solius® XTC-60 até à emergência da radícula. As sementes utilizadas foram fornecidas por diferentes empresas, sendo as sementes de alface e espinafre provenientes da RIJK ZWAAN®,

enquanto as sementes de pimento e courgette foram fornecidas pela Semillas Fitó®. Estes materiais encontram-se na descritos na Tabela 1

Tabela 1 Materiais utilizados no decorrer dos ensaios.

<b>Material utilizado</b>	<b>Descrição</b>
Tabuleiros alveolados	80 tabuleiros alveolados de 216 alvéolos utilizados para a sementeira das sementes das diversas culturas
Sistema de lavagem de tabuleiros	Sistema de lavagem Conic System® - LNB-200, (2014). Utilizado para a lavagem dos tabuleiros utilizados nos ensaios.
Cuprital®	Fungicida à base de oxicloreto de cobre utilizado nas soluções de <i>copper coating</i> utilizadas
Argalite incolor (Arga®)	Primário solvente de Pliolite®, constituinte das soluções de <i>copper coating</i> utilizadas.
2 Fornos de desinfeção térmica	Fornos de desinfeção FDB-100, Conic System® utilizados para desinfeção térmica e secagem dos tabuleiros alveolados utilizados nos ensaios.
Sistema de sementeira.	Sistema de sementeira Conic System® Pro-300 (2014). Sistema automático de sementeira utilizado na sementeira das sementes no tabuleiros alveolados.
Substrato	Substrato comercial Kekkilä Professional®, DSM 05 W KS5 R7712. Utilizado para a germinação e desenvolvimento das sementes das diversas culturas.
Carregador vertical de substrato	Carregador de substrato Atlantic Man® - BIG BALE V, utilizado para a descompactação do “Big Bale” do substrato utilizado.
Câmara de germinação	Câmara de germinação com bomba de calor Solius® XTC-60. Onde permaneceram os tabuleiros semeados até à saída da radícula da semente.
Sementes	Sementes de alface e espinafre utilizadas nos ensaios – fornecidas por: RIJK ZWAAN®. Sementes de pimento e Courgette utilizadas nos ensaios – Fornecidas por: Semillas Fitó®.
Desinfetante OXI PREMIUM® 15	Desinfetante bactericida à base de ácido paracético homologado para usos agrícolas utilizado para a desinfeção química dos tabuleiros alveolados antes da sua utilização.

No decorrer dos ensaios, o fornecimento de nutrientes às plantas foi realizado através de quatro tanques independentes, cada um preparado com diferentes tipos de adubo em concentrações elevadas, compondo a solução nutritiva aplicada. Cada cuba apresentava uma capacidade de 500 L de água, na qual se dissolveram diferentes

fertilizantes, de modo a assegurar o aporte equilibrado de macronutrientes e, em alguns casos, de micronutrientes. A cuba 1 foi preparada com nitrato de potássio (0-52-34), complementada com corretivos como boro, cobre, ferro, manganês, molibdénio, zinco e magnésio, contribuindo para o fornecimento de fósforo, potássio e micronutrientes essenciais. A cuba 2 forneceu nitrato de cálcio (13,5-0-46,2), importante fonte de cálcio e azoto nítrico. A cuba 3 forneceu nitrato de amónio (34,2-0-0) e ureia (46-0-0), assegurando uma fonte adicional de azoto nas formas amoniacal e ureica. Finalmente, a cuba 4 foi preparada com fosfato de monopotássio (0-52-34), responsável pelo fornecimento de fósforo e potássio em concentrações elevadas.

Tabela 2 Soluções utilizadas na formulação do adubo aplicado às plantas.

Cubas	Tipo de adubo	Concentração	Corretivos	Volume H <sub>2</sub> O
1	Nitrato de Potássio	0-52-34	Boro, cobre, ferro, manganês, molibdénio, zinco, magnésio	500 L
2	Nitrato de Cálcio	13,5-0-46,2	-	500 L
3	Nitrato de Amónio Ureia	34,2-0-0 46-0-0	-	500 L
4	Fosfato de Monopotássio	0-52-34	-	500 L

## 4. MÉTODOS

### 4.1 Delineamento experimental

Para a preparação e realização dos ensaios foi realizado todo o processo de produção de plântulas em viveiro.

O processo foi iniciado com a colocação dos tabuleiros no circuito de lavagem mecânica dos tabuleiros de forma a remover detritos provenientes de usos anteriores com água proveniente de furo cartesiano (Anexo V), seguido da aplicação de *copper coating* (técnica que consiste na aplicação de revestimentos à base de cobre na superfície dos alvéolos dos tabuleiros ou substratos, com o objetivo de inibir o crescimento lateral das raízes e evitar a sua espiralização) nos tabuleiros utilizados para os ensaios com uma solução de água e Cuprital® (oxicloreto de cobre) e Argalite incolor (Arga®), sendo aplicado a cada tabuleiro 0,75 litros da solução. De seguida foi realizada a desinfecção dos tabuleiros alveolados com um desinfetante homologado para usos agrícolas (OXI PREMIUM® 15) com uma aplicação de 0,25 litros por tabuleiro com uma concentração de 2 ml/L, seguido do enchimento dos mesmos com substrato e sementeira automática dos tabuleiros alveolados no sistema de sementeira Conic System® Pro-300 (2014). Foi verificada diariamente a germinação das sementes nos tabuleiros e a sua distribuição na estufa (espalhamento) quando as sementes apresentaram a radícula. Os tabuleiros semeados permaneceram na estufa até à data de expedição das plântulas.

O cronograma experimental passou por várias etapas, distribuídas ao longo do período de realização dos ensaios. No dia 22 de Novembro de 2024, procedeu-se à lavagem dos tabuleiros alveolados, à aplicação da solução de *copper coating* e à respetiva desinfecção térmica e química. Seguiu-se a fase de sementeira, realizada a 02 de Dezembro de 2024 para o espinafre e pimento, e a 03 de Dezembro de 2024 para as alfaces. O espalhamento dos tabuleiros de alface e espinafre foi realizado a 04 de Dezembro de 2024, e dos tabuleiros de pimento a 10 de Dezembro de 2024. A courgette foi semeada mais tarde, a 12 de Março de 2025, sendo o seu espalhamento efetuado a 14 de Março de 2025. Este calendário de operações, sumariado na Tabela 3, permitiu organizar de forma sistemática a condução das diferentes culturas, garantindo a adequada execução das práticas de viveiro em cada fase do ensaio. Os ensaios seguiram um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos de *copper coating* (0, 25, 40 e 50 g/L) e cinco repetições por tratamento.

Tabela 3 Datas de realização dos processos de lavagem, sementeira e distribuição na estufa dos tabuleiros utilizados nos ensaios.

Data	Procedimento
22/11/2024	Lavagem, aplicação de <i>copper coating</i> , desinfecção térmica e química dos tabuleiros alveolados.
02/12/2024	Sementeira dos tabuleiros com as culturas do espinafre e do pimento.
03/12/2024	Sementeira dos tabuleiros com a cultura da alface.
04/12/2024	Espalhamento dos tabuleiros com a cultura da alface e do espinafre
10/12/2024	Espalhamento dos tabuleiros com a cultura do pimento.
12/03/2025	Sementeira dos tabuleiros com a cultura da courgette.
14/03/2025	Espalhamento* dos tabuleiros com a cultura da courgette.

\*Entende-se por espalhamento a colocação dos tabuleiros na estufa.

## 4.2 Lavagem e Desinfecção de Tabuleiros

Após a chegada dos tabuleiros às instalações da empresa iniciou-se o processo de lavagem dos tabuleiros tendo sido este processo realizado no dia 22 de novembro de 2024.

### 4.2.1. Chegada dos tabuleiros às instalações da empresa.

Após a expedição de plantas produzidas anteriormente, os tabuleiros são recolhidos nos produtores e descarregados para se proceder à lavagem e nova utilização (Figura 6).



Figura 6 Tabuleiros de esferovite recolhidos antes da sua lavagem. Fonte: Próprio, (2025)

#### 4.2.2. Lavagem dos Tabuleiros.

Os tabuleiros foram colocados no sistema de lavagem (Conic System® - LNB-200, (2014)) (Figura 7 a)) para proceder à sua lavagem continuando no mesmo sistema até à desinfecção. Este sistema consiste na passagem dos tabuleiros por duas câmaras onde é aspergida água em pressão (5,5 Bar) em conjunto com a rotação de pequenas vassouras que retiram os resíduos existentes nos tabuleiros. De seguida os tabuleiros passaram por uma ventoinha, retirando o excesso de água. (Figura 7 b))



Figura 7 a) colocação dos tabuleiros no sistema de lavagem (Conic System® - LNB-200, 2014); b) lavagem dos tabuleiros. (Fonte: Próprio, 2024)

#### 4.2.3. Aplicação de Copper Coating.

Seguido da lavagem, os tabuleiros seguem para a câmara onde é aplicado o *copper coating* – uma solução de cobre (Cuprital®) (Anexo II), Argalite incolor (Arga®) (Anexo I) – adicionada à mistura com o objetivo de obter uma melhor fixação do cobre nas paredes internas dos alvéolos dos tabuleiros, e água – com a concentração de 40 g/L. O *copper coating* é aplicado por aspersão (Figura 8 a)).

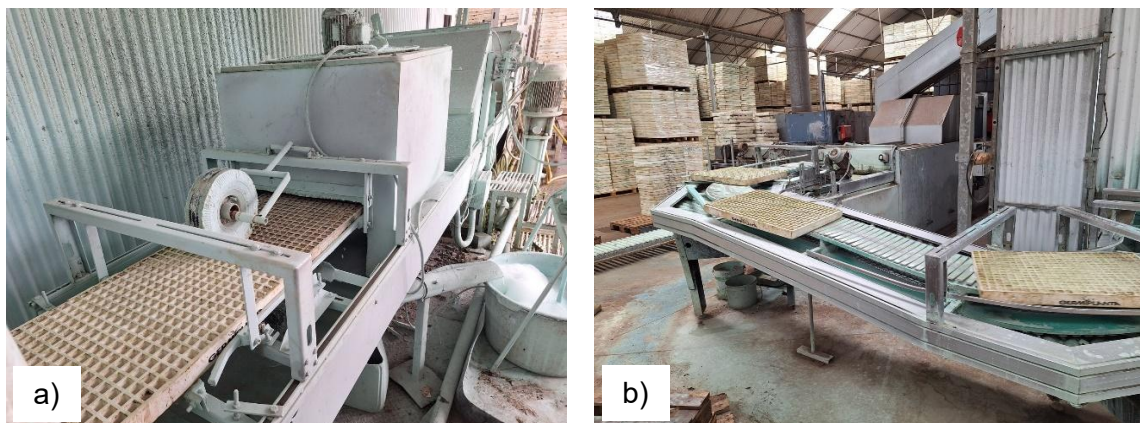


Figura 8 Aplicação de *copper coating* e condução dos tabuleiros para o forno. a) aplicação da solução de cobre; b) condução dos tabuleiros para o forno. Fonte: Próprio, (2025)

Para os ensaios foram utilizadas três concentrações de *copper coating* – 25 g/L, 40 g/L e 50 g/L.

Foram preparados conjuntos de 20 tabuleiros (4 tabuleiros para cada cultura) para cada concentração de *copper coating*. Foram preparados, também, 20 tabuleiros de controlo, tendo estes sido submetidos a todos os passos do processo de lavagem e desinfeção, exceto a aplicação de *copper coating* (0 g/L).

Na empresa, é aplicado o *copper coating* com a concentração de 40 g/L, sendo a mistura produzida composta por 3,000 Kg de Cuprital® (oxicloreto de cobre) e 7,500 Kg de Argalite incolor (Arga®) incolor em 75 litros de água.

Foram preparadas soluções de 30 litros de *copper coating* (25, 40 e 50 g/L) tendo sido pesados 0,750 Kg, 1,200 Kg e 1,500 Kg de oxicloreto de cobre (Cuprital®), com utilização da balança Baxtran, modelo Bow-P, para a obtenção das concentrações de 25, 40 e 50 g/L, respetivamente (Figura 9). Foi, também, determinada a quantidade de Argalite incolor (Arga®) a utilizar, tendo sido pesados 3,200 Kg da mesma. A quantidade de Argalite incolor (Arga®) não varia para as diferentes concentrações uma vez que esta é dependente da quantidade de água utilizada para a solução, neste caso, 30L.



Figura 9 Pesagem de oxiclureto de cobre (Cuprital®) e Argalite incolor (Arga®), com utilização da balança Baxtran, modelo Bow-P, para a realização das soluções de cobre.

Fonte: Próprio, (2025)

#### 4.2.4. Passagem dos tabuleiros no forno e aplicação do desinfetante.

Após a aplicação de *copper coating*, os tabuleiros foram submetidos a um primeiro forno de desinfecção (FDB-100, Conic System®) (Figura 10 a)) a uma temperatura de 80 °C, com o objetivo de remover o excesso da solução e assegurar a desinfecção térmica. Em seguida, à saída do primeiro forno (Figura 10 b)), os tabuleiros foram manualmente transferidos para um segundo forno do mesmo modelo (Figura 10 c)), também a 80 °C, de modo a garantir uma secagem mais eficaz. Concluída esta etapa, procedeu-se à aplicação, por aspersão através de bicos pulverizadores, de um desinfetante à base de peróxido de hidrogénio (OXI PREMIUM® 15) (Figura 10 d)) (Anexo III).



a)



b)



Figura 10 Passos do processo de secagem e desinfecção de tabuleiros. a) Entrada dos tabuleiros no primeiro forno; b) saída dos tabuleiros do primeiro forno; c) colocação e entrada dos tabuleiros no segundo forno; d) saída dos tabuleiros do segundo forno e aplicação de OXI PREMIUM® 15. Fonte: Próprio, (2025)

#### 4.2.5. Armazenamento das paletes de tabuleiros até à sua utilização.

Após a aplicação do desinfetante, os tabuleiros foram empilhados em paletes (Figura 11 a)) e armazenados (Figura 11 b)). As paletes de tabuleiros foram empilhados de acordo com o tipo de tabuleiro, isto é, número de alvéolos.



Figura 11 a) Acondicionamento dos tabuleiros em paletes de acordo com o tipo de tabuleiro (nº de alvéolos); b) armazenagem das paletes até à sua utilização. Fonte: Próprio, (2025).

### 4.3 Sementeira e Germinação

#### 4.3.1. Colocação dos tabuleiros no sistema de sementeira e aplicação do substrato.

A sementeira foi iniciada com a colocação dos tabuleiros na esteira (Figura 12 a)) que alimenta o sistema de sementeira – Conic System® Pro-300 (2014). De seguida, foi colocado o substrato nos tabuleiros (Figura 12 b)), previamente descompactado com utilização do carregador vertical de substrato – Atlantic Man® - BIG BALE V. (Figura 12 c))

Para a sementeira foi usado o substrato da marca comercial Kekkilä Professional®, DSM 05 W KS5 R7712 (Anexo IV). Este é um substrato à base de turfa castanha do tipo *sphagnum*, de granulometria fina, encontrando-se entre as categorias H2 e H4 na escala de Von Post (Anexo XII), com adição de aditivos fertilizantes, nomeadamente o carbonato de cálcio e um agente humectante – aditivo que facilita a penetração e a distribuição uniforme da água no substrato melhorando a sua disponibilidade para as raízes, e adubo mineral NPK (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), na formulação 7-11-29, numa concentração de 0,4 Kg/m<sup>3</sup>.

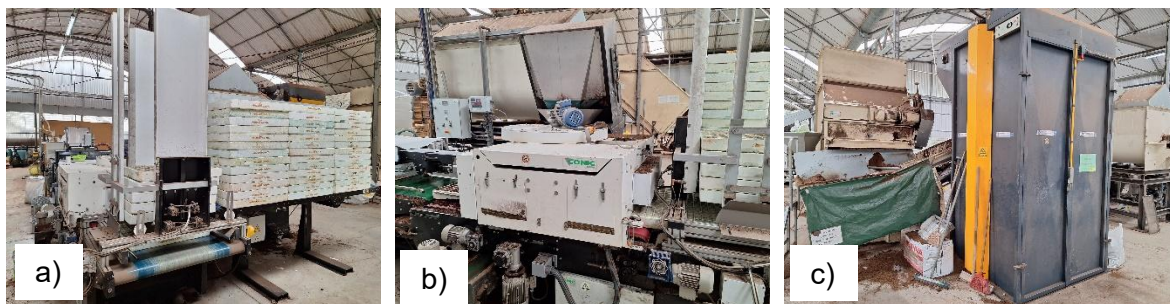


Figura 12 a) Colocação dos tabuleiros na esteira; b) aplicação do substrato nos tabuleiros; c) descompactador de substrato Atlantic Man® - BIG BALE V. Fonte: Próprio, (2025).

#### 4.3.2. Sementeira das sementes nos tabuleiros alveolados.

Após a aplicação de substrato, os tabuleiros foram movimentados para a cabeça de sementeira (Figura 13) – constituinte do sistema de sementeira que aspira as sementes por meio de vácuo e as expelle para os alvéolos dos tabuleiros – onde foram aplicadas as sementes em cada alvéolo do tabuleiro.



Figura 13 Passagem dos tabuleiros pela cabeça de sementeira. Fonte: Próprio, (2025).

De seguida, as semente foram cobertas com vermiculite (Figura 14 a)) e os tabuleiros foram traspassados por uma lamina de água (Figura 14 b)) , que humedeceu o substrato permitindo a germinação das sementes.

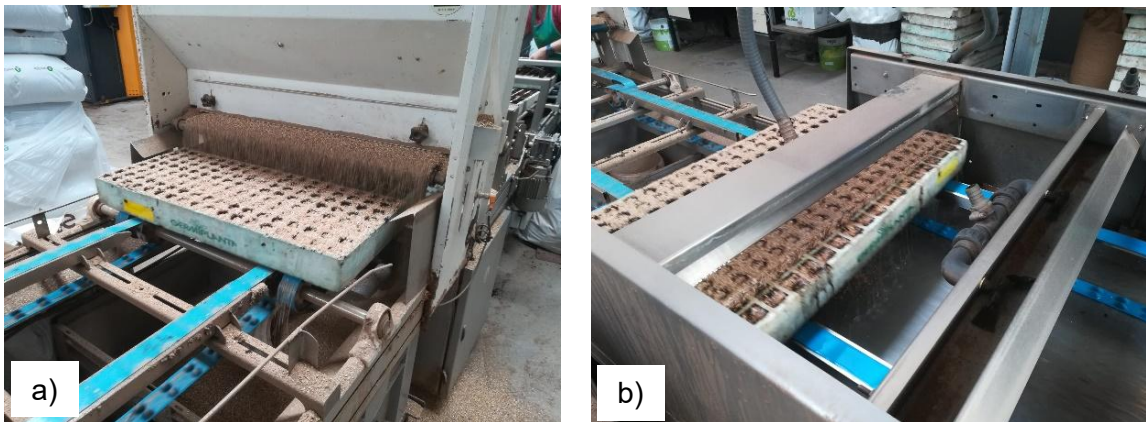


Figura 14 a) Cobertura dos alvéolos com vermiculite; b) passagem dos tabuleiros por lamina de água. Fonte: Próprio, (2025).

O percurso do sistema de sementeira terminou com o empilhamento dos tabuleiros semeados. (Figura 15)



Figura 15 Empilhamento dos tabuleiros semeados e fim do processo de sementeira.  
Fonte: Próprio, (2025).

As sementeiras das culturas utilizadas neste ensaio foram realizadas nos dias 2 e 3 de dezembro de 2024, tendo sido as culturas do espinafre e do pimento semeadas no dia 2 de dezembro, e as culturas da alface no dia 3 de dezembro. A cultura da courgette, sendo uma cultura de desenvolvimento rápido foi semeada no dia 12 de março de 2025.

Foram semeados, para cada cultura, 16 tabuleiros, isto é, 4 repetições para cada uma das concentrações de *copper coating* (0 g/L, 25 g/L, 40 g/L e 50 g/L), totalizando, 80 tabuleiros semeados das diversas culturas.

#### **4.3.3. Acondicionamento dos tabuleiros em paletes e câmara de germinação.**

Após a sementeira, os tabuleiros foram acondicionados em paletes (Figura 16 a)) e colocados em câmara de germinação (Figura 16 b)) a cerca de 22 °C, ausência de luz e uma humidade relativa a 99%, de forma a acelerar a germinação das sementes.

A câmara de germinação utilizada foi construída pela empresa, utilizando telha tipo “sandwich” e uma bomba de calor Solius® XTC-60.

Consoante as necessidades de cada cultura, os tabuleiros permaneceram durante diferentes períodos no interior da câmara. Nas culturas de desenvolvimento mais lento, as sementes tendem a necessitar de um período mais prolongado para a emissão da radícula. Este fenómeno pode estar associado tanto a características intrínsecas da espécie, como à composição da semente e à sua exigência em termos de condições ambientais, nomeadamente temperatura, humidade e disponibilidade de oxigénio.

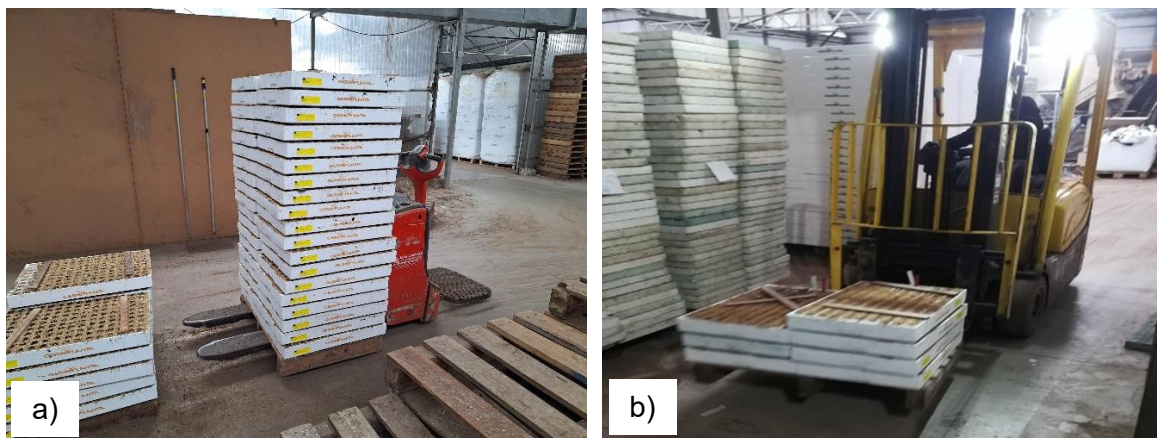


Figura 16 a) Acomodação dos tabuleiros em paletes; b) transporte para a câmara de germinação. Fonte: Próprio, (2024).

#### 4.4 Crescimento e desenvolvimento das plântulas em estufa.

##### 4.4.1. Saída da câmara de germinação e alocação dos tabuleiros alveolados na estufa.

A germinação das sementes foi verificada diariamente (Figura 17 a)) e, quando estas apresentaram a radícula, os tabuleiros foram retirados da câmara de germinação para se proceder à sua distribuição nas estufas (Figura 17 b)). Das culturas utilizadas, as duas culturas de alface permaneceram na câmara de germinação menos de 24h, isto é, foram retiradas no dia seguinte à sementeira, devido à rápida germinação das sementes. No caso do espinafre e da courgette, permaneceram em câmara de germinação durante aproximadamente 48h, quando se verificou a saída da radícula da semente. As sementes de pimento, sendo de germinação mais lenta, permaneceram na câmara cerca de 7 dias.

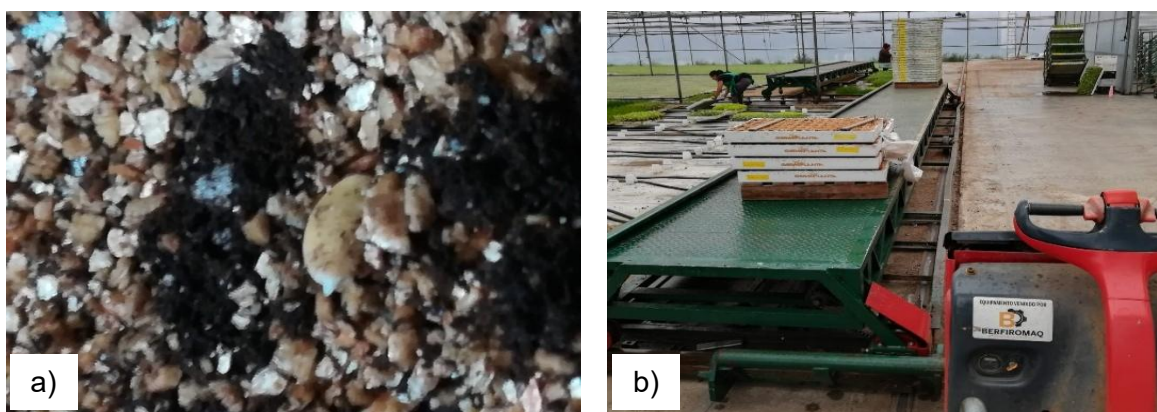


Figura 17 a) Verificação da germinação da semente; b) transporte dos tabuleiros para a estufa. Fonte: Próprio, (2024).

De seguida, os tabuleiros foram distribuídos na estufa onde permaneceram até à expedição. (Figura 18)



Figura 18 Tabuleiros colocados na estufa. Fonte: Próprio, (2024).

#### **4.4.2. Rega**

Neste ensaio, a rega das plântulas foi realizada pela pessoa encarregue das estufas onde foram colocados os tabuleiros. Para o bom desenvolvimento das plântulas, todos os funcionários que detém a função de rega e adubação das plantas realizam, periodicamente, formações para que exista uma maior eficiência destes parâmetros bem como a aquisição de conhecimentos para uma melhor tomada de decisão relativamente à quantidade de água a aplicar, como e quando aplicar.

A tomada de decisão, de regar ou não, depende da “abertura da cama”, isto é, a observação de características como o peso dos tabuleiros, a retirada de algumas plantas de cada tabuleiro para verificar uma maior ou menor quantidade de água, isto é, são observadas as características dos tabuleiros numa direção perpendicular ao comprimento da estufa, repetindo-se este processo repetindo-se cerca de 6 vezes.

Outros fatores tidos em conta foram: as previsões meteorológicas para o dia em que se realiza a rega, se foi regado no dia anterior, a alteração dos aspersores para mais ou menos dotação, entre outros.

A rega foi realizada por aspersão através da utilização de uma barra de rega (Figura 19 a)) com movimento longitudinal ao longo da estufa, na qual estão dispostos 34 bicos

aspersores (Figura 19 b)). Sabendo a dotação dos aspersores e a quantidade dos aspersores em cada barra de rega, bem como a distância percorrida pela mesma, sabe-se que são dotados 810 litros de água ao longo de toda a estufa. A água de rega é proveniente de furo cartesiano (Anexo V). Desta forma foi possível determinar a quantidade média de água que foi fornecida a cada tabuleiro alveolado, e assim, a cada planta durante o seu desenvolvimento no viveiro. Entende-se por uma volta a passagem da barra de rega duas vezes num determinado ponto.

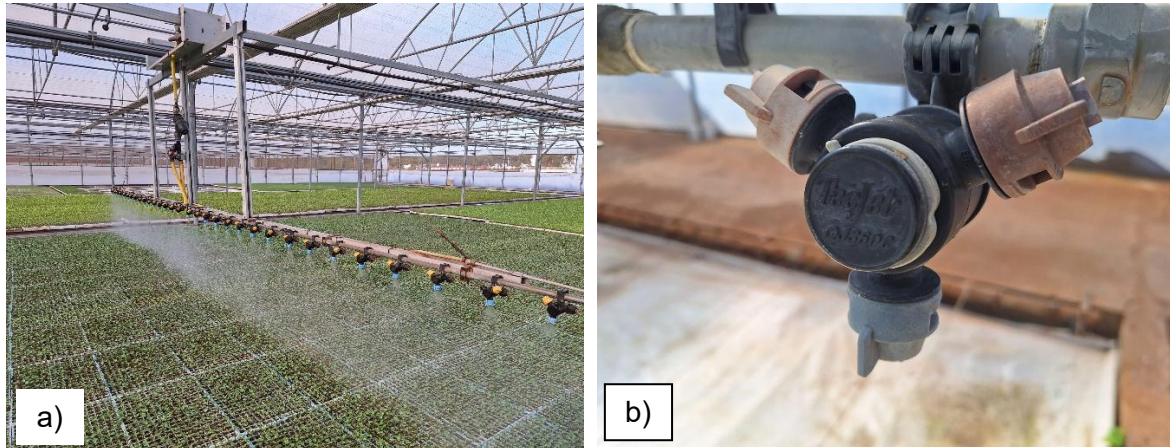


Figura 19 Barra de rega e seus constituintes. a) barra de rega em funcionamento; b) bicos de rega com diferentes dotações. Fonte: Próprio, (2025).

O fornecimento de água aos tabuleiros alveolados durante a permanência no viveiro variou consoante a espécie cultivada, refletindo as suas diferentes exigências hídricas e o tempo de permanência em estufa. Tendo sido registado diariamente as voltas aplicadas na estufa foi possível calcular a quantidade de água fornecida a cada planta. A Tabela 4 refere o número de voltas aplicadas bem como a quantidade de água fornecida a cada tabuleiro (Litros) e a cada plântula (mL). O espinafre recebeu um total de 22 voltas de rega, correspondendo a 11 L por tabuleiro e cerca de 50,93 mL por plântula. As culturas de alface verde e roxa apresentaram valores idênticos, com 50 voltas de rega, equivalentes a 25 L por tabuleiro e 115,74 mL por plântula. O pimento destacou-se como a cultura com maior fornecimento hídrico, atingindo 64 voltas de rega, o que correspondeu a 32 L por tabuleiro e 148,15 mL por plântula. Por outro lado, a courgette foi a cultura com menor aporte, recebendo apenas 16 voltas de rega, o que se traduziu em 8 L por tabuleiro e 37,04 mL por plântula.

Tabela 4 Fornecimento de água na rega dos tabuleiros alveolados durante a sua permanência no viveiro.

Culturas	Fornecimento de água		
	Nº de voltas	Quantidade de água por tabuleiro (L)	Quantidade por plântula (mL)
Espinafre	22	11	50,93
Alface verde	50	25	115,74
Alface roxa	50	25	115,74
Pimento	64	32	148,15
Courgette	16	8	37,04

#### 4.4.3. Fornecimento de adubo

As adubações, em semelhança à rega, foram aplicadas pela pessoa encarregue da estufa onde foram colocadas as plantas, no entanto, as adubações foram aplicadas apenas sob a orientação dos técnicos da empresa. As adubações são, de uma forma geral, aplicadas em intervalos de 3 a 4 dias, sendo as plantas adubadas pelo menos uma vez por semana.

Os adubos utilizados foram compostos por diferentes soluções concentradas provenientes de 4 cubas/tanques (Tabela 2). A partir destas soluções concentradas, são utilizadas diferentes percentagens – 35%, 20%, 30% e 25%, das cubas 1 a 4, respetivamente – e transpostas para um tanque de 34 mil litros, onde, a mistura das diferentes percentagens de cada uma das cubas referidas, compõe o adubo fornecido às plantas originando a fórmula NPK: 10,5 – 9,1 – 12,88.

O fornecimento de adubo apresentou diferenças entre culturas, ajustadas às suas exigências nutricionais e ao tempo de permanência no viveiro. O espinafre recebeu 4 voltas de adubação, correspondendo a 2 L por tabuleiro e 9,26 mL por plântula. As culturas de alface verde e roxa apresentaram regimes de adubação idênticos, com 3 voltas de adubação, totalizando 1,5 L por tabuleiro e 6,94 mL por plântula. O pimento destacou-se como a espécie com maior aporte de nutrientes, tendo recebido 5 voltas de adubação, que equivaleram a 2,5 L por tabuleiro e 11,57 mL por plântula. Em contraste, não foi fornecida adubação à cultura da courgette durante os ensaios, devido à sua rapidez de desenvolvimento e o reduzido período de permanência na estufa. O fornecimento de nutrientes/adubo às plântulas está descrito na Tabela 5.

Tabela 5 Fornecimento de adubo às plântulas durante a sua permanência no viveiro

Culturas	Fornecimento de adubo		
	Nº de voltas	Quantidade de adubo por tabuleiro (L)	Quantidade por plântula (mL)
Espinafre	4	2	9,26
Alface verde	3	1,5	6,94
Alface roxa	3	1,5	6,94
Pimento	5	2,5	11,57
Courgette	0	0	0

#### 4.4.4. Taxa de germinação

Para cada cultura, foi determinada a taxa de germinação através da divisão entre o número de sementes germinadas e do total de alvéolos semeados. As contagens foram realizadas oito dias após a sementeira (8 DAS) para as culturas do espinafre, alfaces verde e roxa e courgette, e trinta e cinco dias após a sementeira (35 DAS) para a cultura do pimento. Esta diferença deveu-se à mais lenta emergência das plântulas da cultura do pimento em comparação às restantes (espinafre, alfaces verde e roxa e courgette).

## 4.5 Recolha de Dados

### 4.5.1. Local de Recolha de dados

A obtenção e a respetiva análise de dados provenientes dos ensaios foi realizado na Escola Superior Agrária de Coimbra após o transporte das plântulas da Germiplanta, viveiros de plantas, Lda. A recolha dos dados foi realizado entre os dias 17 de Janeiro e 29 de Março de 2025.

### 4.5.2. Separação da parte aérea da radicular e substrato.

A preparação das plântulas iniciou-se com a separação da parte aérea (Figura 20 a)) da parte radicular (Figura 20 b)) através do corte junto ao substrato e pesadas cada uma das partes, de forma a determinar o peso em fresco das plântulas estudadas (5 plântulas). Para cada cultura e o respetivo tratamento de cobre, foram utilizados 20 alvéolos na composição da amostra da parte radicular + substrato.

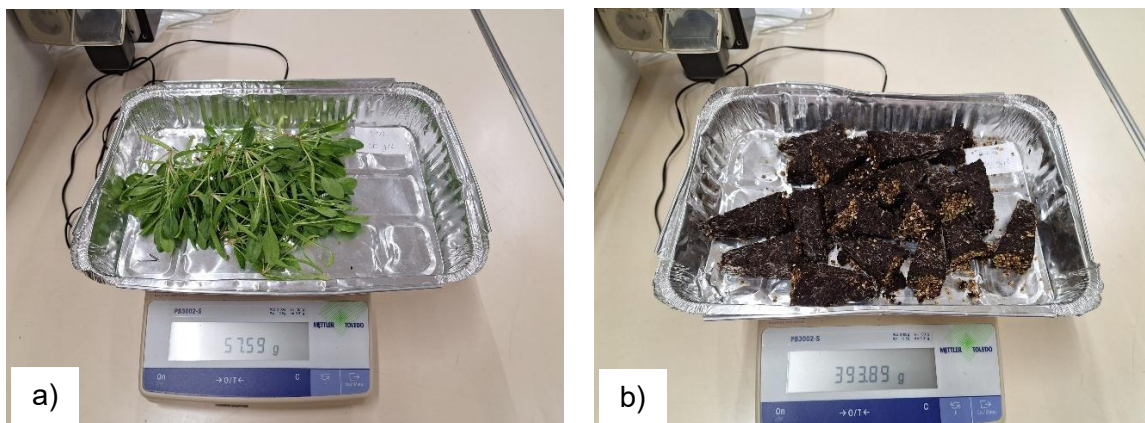


Figura 20 a) Pesagem da parte aérea; b) pesagem da parte radicular + substrato. Fonte: Próprio, (2025).

#### 4.5.3. Pesagem das plantas e obtenção de dados.

Para a realização das pesagens das plantas foi utilizada uma balança METTLER TOLEDO, modelo PB3002-S. (Figura 21)



Figura 21 Balança PB3002-S. Fonte: Próprio, (2025).

Para cada cultura e tratamento de cobre foram escolhidas 5 plântulas ao acaso. Em cada plântula foi medido o comprimento dos cotilédones (Figura 22 a)), desde a inserção no caule até à extremidade, o comprimento da parte aérea da plântula (Figura 22 b)), desde o corte até à extremidade à extremidade da maior folha verdadeira, o peso da parte aérea de cada plântula e o estiolamento – fenómeno fisiológico que ocorre em plantas submetidas

a baixa luminosidade ou ausência de luz, caracterizado pelo alongamento exagerado do caule das plântulas, folhas pequenas e pouco desenvolvidas, coloração amarelada e tecidos frágeis – medido desde o corte até à inserção dos cotilédones. Estas medições foram obtidas com auxílio de uma balança (METTLER TOLEDO, modelo PB3002-S), para determinação do peso, e uma régua (marca SmartOffice, modelo Cristal) para as restantes medições. O estiolamento foi medido apenas para as culturas da alface e do espinafre (Figura 22 c)). No caso das culturas do pimento e da courgette não foi observada a existência indicadores de estiolamento (alongamento exagerados dos caules, folhas pequenas e/ou subdesenvolvidas, coloração amarelada e tecidos frágeis) pelo que não foi medido o parâmetro referente ao estiolamento.

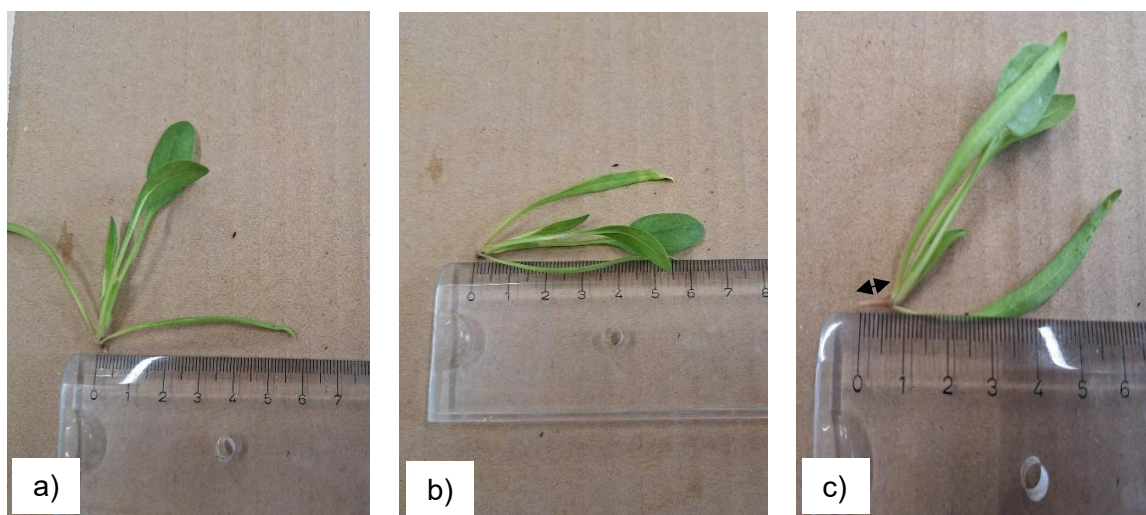


Figura 22 Medições referentes às plântulas. a) comprimento dos cotilédones; b) comprimento da parte aérea da planta; c) taxa de estiolamento. Fonte: Próprio, (2025).

#### 4.5.4. Determinação do peso seco.

De seguida, as amostras (complexo substrato + raiz), devidamente identificados, foram colocados em tabuleiros de alumínio (Figura 23 a)) e inseridos dentro da estufa de secagem (Memmert, modelo ULP 800)(Figura 23 b)), a uma temperatura de 60 °C de forma a obter o peso seco das mesmas e poderem serem tratadas em laboratório. As plantas permaneceram na estufa durante 48h.



Figura 23 a) Tabuleiros com as amostras de plantas; b) estufa de laboratório utilizada para a secagem das amostras. Fonte: Próprio, (2025).

#### 4.5.5. Conservação e armazenamento das amostras.

De forma a conservar as amostras para posterior análise, após a pesagem cada amostra foi triturada com a utilização de um triturador da marca MOULINEX® - La Moulinette, modelo AD560120 (Figura 24 a)), e colocadas em sacos de plástico (Figura 24 b)) até à sua utilização.



Figura 24 a) Triturador com amostra; b) amostra armazenada em saco de plástico. Fonte: Próprio, (2025).

## 4.6 Análises laboratoriais

### 4.6.1. Metodologia utilizadas

A determinação do pH e condutividade elétrica (CE) das amostras foi realizada de acordo com as normas PTE-S-COM 6 e PTE-S-COM 7, respectivamente, com a utilização do potenciômetro (JENWAY, modelo 3310) e o Condutivímetro (WTW, modelo Cond 3110). Estas metodologias estão de acordo com as metodologias ISO 10523 (determinação do pH em água) e ISO 7888 (qualidade da água – determinação da condutividade elétrica), respectivamente.

Para a determinação dos macro e micronutrientes presentes nas amostras foi realizado com base na norma PTE-LSV-MV 8, com auxílio do espectrofotômetro (PerkinElmer, modelo PinAAcle 900T). Esta metodologia é equivalente à norma ISO 11263 (método de Olsen para P) e ISSO 11260 (método para extração de cátions).

Os métodos utilizados diferiram das respectivas normas, no ponto que determina a razão de extração a utilizar (1:5 nas normas referentes à determinação do pH e CE e 1:2 na norma referente à determinação de macro e micronutrientes) na extração das amostras, tendo sido utilizada uma razão de 1:10. Esta alteração foi realizada devido à baixa densidade do material para análise, bem como para a existência de uma maior representatividade da amostra.

### 4.6.2. Determinação de pH e CE

A medição do pH e da condutividade elétrica (CE) do substrato assume particular relevância no contexto da aplicação de *copper coating*, uma vez que ambos os parâmetros influenciam diretamente a disponibilidade e mobilidade dos nutrientes e metais no meio de cultivo. O pH condiciona a solubilidade do cobre (Cu) e de outros elementos essenciais, podendo afetar tanto a sua absorção pelas plântulas como a ocorrência de possíveis efeitos tóxicos em concentrações mais elevadas. Já a CE constitui um indicador da concentração total de sais solúveis, refletindo a disponibilidade global de nutrientes no substrato. Assim, o acompanhamento destes parâmetros assegura que as diferenças observadas entre tratamentos decorrem do efeito da aplicação de *copper coating* e não de variações químicas no substrato. Para a determinação do pH, as amostras foram extraídas com água destilada a  $22^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$  para uma razão de 1:10 (v/v). O pH da suspensão obtida foi medido com recurso a um medidor de pH (potenciômetro).

Para a determinação do pH das amostras, foi inicialmente utilizada uma balança analítica com precisão de 0,01 g (Mettler Toledo AG, modelo MS3002S/012000) para a pesagem de uma quantidade de amostra (raiz + substrato) equivalente a 10 mL de volume (Figura 25 a)) e adicionada água desionizada para a obtenção de uma suspensão. Após a junção de água desionizada o acondicionamento da suspensão foi realizado em frascos de plástico com capacidade suficiente para o volume da amostra, extrato e 10% de espaço com ar. A homogeneização da suspensão foi efetuada com a utilização de um agitador mecânico (SELECTA, modelo ROTABIT) durante 1 hora a rotação constante (Figura 25 b)) e uma temperatura de  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . De seguida foi utilizado um potenciômetro com controle de temperatura (potenciômetro JENWAY, modelo 3310) e calibração com elétrodos combinados adequados às diferentes gamas de pH, para a medição da suspensão agitada (Figura 25 c)). A temperatura das amostras foi monitorizada com utilização de um termómetro com resolução aproximada de  $1^{\circ}\text{C}$ . Os valores de pH foram lidos e registados com duas casas decimais.

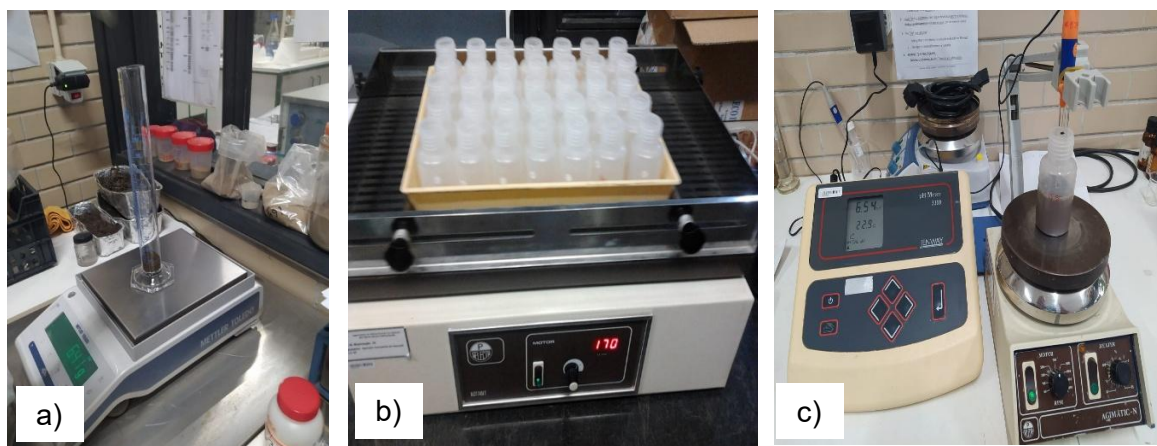


Figura 25 a) Pesagem de amostra (raiz + substrato) para um volume de 10 mL para a preparação de uma suspensão; b) suspensões a agitar para obtenção da homogeneidade da suspensão; c) obtenção dos valores de pH das suspensões agitadas com utilização do potenciômetro JENWAY, modelo 3310. Fonte: Próprio, (2025).

Para a obtenção dos valores de condutividade elétrica foi utilizado papel de filtro de baixo teor de cinzas e elevada capacidade de retenção para a separação de sólidos e líquidos (Figura 26 a)). De seguida o filtrado foi medido com condutímetro (WTW, modelo Cond 3110) (Figura 26 b)), equipado com célula de condutividade, correção de temperatura e resolução inferior a  $1 \text{ mS/cm}$  ( $25^{\circ}\text{C}$ ). Os valores obtidos apresentam-se com a temperatura corrigida a  $25^{\circ}\text{C}$  e registadas com 3 casas decimais.

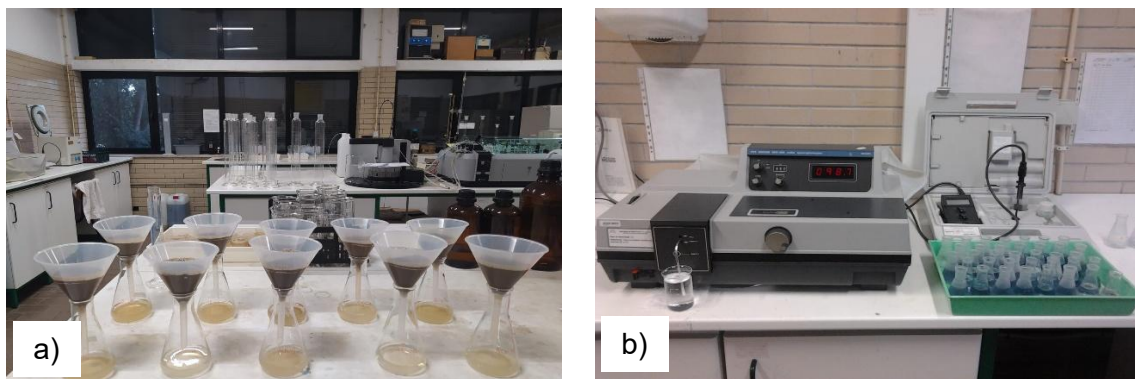


Figura 26 a) filtração das suspensões previamente agitadas; b) obtenção dos valores de CE com utilização do condutivímetro WTW, modelo Cond 3110. Fonte: Próprio, (2025).

Para a extração, isto é, a preparação e padronização da amostra a ser utilizada – o filtrado, foi preparado de acordo com os procedimentos PTE-S-COM 2, que pressupõe a crivagem da amostra com um crivo de malha quadrada inferior a 10 mm, e PTE-S-COM 3, que determina a densidade aparente compactada. Os materiais referidos e utilizados para a obtenção dos valores de pH e CE encontram-se descritos na Tabela 6.

Tabela 6 Material utilizado para a determinação de pH e CE das amostras.

1.	Potenciômetro	Com controle de temperatura e ajuste de calibração. Medidor JENWAY, modelo 3310.
2.	Balança analítica	Com precisão de 0,01 g. Balança Mettler Toledo AG, modelo MS3002S/012000
3.	Eléttodos combinado para medição de pH	Com eléctrodo recomendado para as diferentes gamas de pH.
4.	Termómetro	Capaz de medir aproximadamente 1°C
5.	Frascos de plástico ou vidro	De capacidade suficiente para armazenar volume da amostra, do extractante e 10% de ar.
6.	Agitador mecânico	Para agitação dos frascos utilizados e que mantenha a amostra em suspensão sem danificar a estrutura da amostra. Agitador SELECTA, modelo ROTABIT.
7.	Condutivímetro	Equipado com célula de condutividade, gama de medição ajustável, correção de temperatura e resolução inferior a 1 mS/m (25°C). Condutivímetro WTW, modelo Cond 3110.
8.	Papel de filtro	Com baixo teor de cinzas e propriedades de retenção elevadas.

Adaptado de: RHP, 2022

#### 4.6.3. Determinação dos macro e micronutrientes.

Foram determinados, para cada uma das amostras, as concentrações de macronutrientes (fósforo (P) e potássio (K)) e de micronutrientes (cobre (Cu), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)). Os valores foram obtidos com utilização de um espectrofotômetro (Espectrofotômetro PerkinElmer, modelo PinAAcle 900T)(Figura 28).

##### 4.6.3.1. Fósforo (P)

Para a determinação do elemento fósforo foram medidos 2,5 mL da solução-mãe (filtrado também utilizado na determinação da condutividade elétrica) para balões volumétricos de 25 mL e foi adicionado a cada balão, 5 mL de molibdato-vanadato de amônio em meio nítrico e aferido com água desmineralizada.

O conteúdo foi homogeneizado e deixado em repouso durante a noite. Foram determinados os valores de fósforo por espectrofotometria de absorção molecular, com leituras na curva de calibração de P (Figura 27), em absorvâncias, a 470 nm.

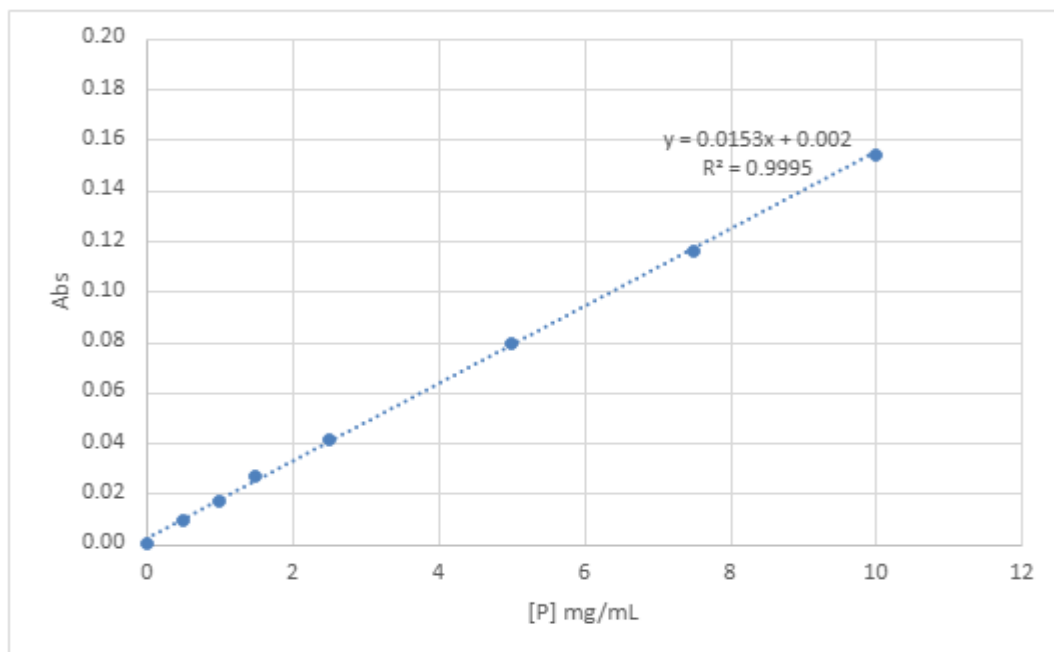


Figura 27. Curva de calibração usada para a obtenção dos valores de fósforo (P).

##### 4.6.3.2. Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

Para a determinação dos elementos K, Ca e Mg foram igualmente medidos 2,5 mL de solução-mãe para balões volumétricos de 25 mL e adicionado cloreto de lantânio a 5% (2,5 mL). Os balões volumétricos foram aferidos com água desmineralizada e a solução

homogeneizada. O doseamento foi realizado por espectrofotometria de absorção atômica, tendo o espectrofotômetro (Figura 28) sido previamente calibrado para a respectiva curva de calibração de cada elemento.

#### 4.6.3.3. Cobre (Cu)

Para a determinação dos valores do cobre, a solução-mãe foi submetida ao processo de espectrofotometria de absorção atômica, após a sua calibração utilizando a respectiva curva padrão.

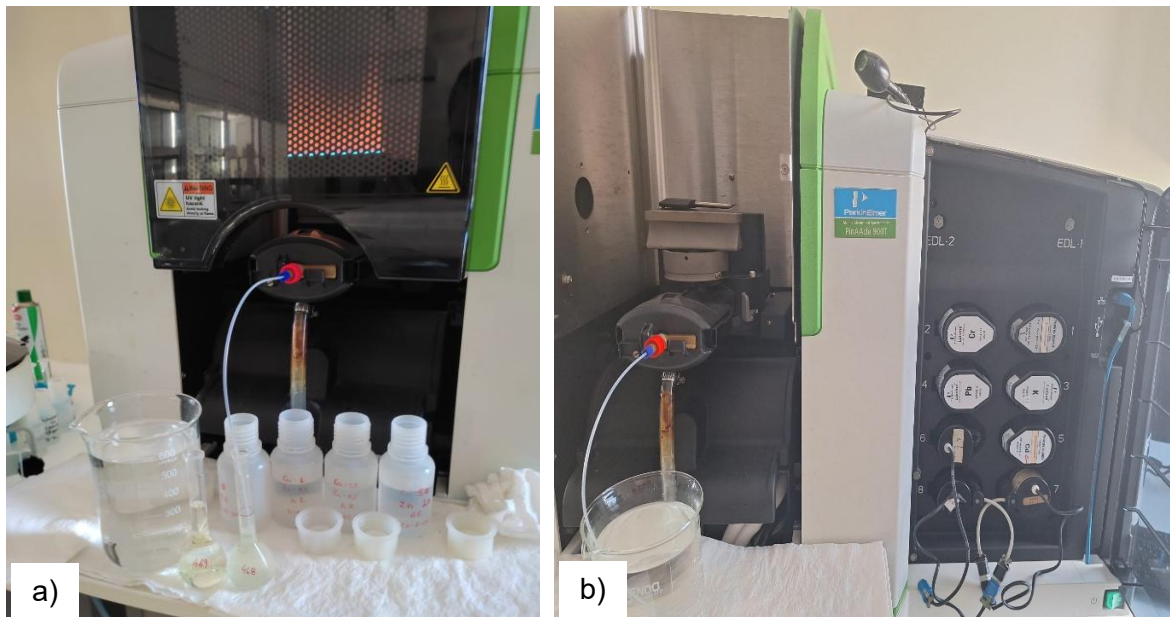


Figura 28 Espectrofotômetro. a) espectrofotômetro em funcionamento; b) lâmpadas do espectrofotômetro. Fonte: Próprio, (2025).

## 4.7 Análise de dados

A análise estatística dos dados recolhidos foi realizada utilizando o software IBM SPSS Statistics, versão 30.0. Para avaliar o efeito de diferentes concentrações de revestimento de cobre (0 g/L, 25 g/L, 40 g/L e 50 g/L) aplicadas a tabuleiros alveolados sobre o desenvolvimento físico (comprimento da parte aérea, comprimento dos cotilédones, peso médio por plântula e possível estiolamento), foi utilizada análise de variância (ANOVA) unifatorial multivariada para cada cultura. Para avaliar o efeito da concentração de cobre nos parâmetros físico-químicos do substrato (macronutrientes potássio (K) e fósforo (P), micronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e cobre (Cu), valores de pH e condutividade elétrica (CE)) foi utilizada uma ANOVA de dois fatores sem replicação. Os dados foram

previamente inspecionados para verificação do cumprimento dos pressupostos da estatística paramétrica. Apesar de alguma variáveis se manterem heteroscedásticas após a transformação logarítmica, prosseguiu-se com a análise de variância, dado que o teste é suficientemente robusto para lidar com diferenças na homogeneidade de variâncias (Zar, 2007). Quando a ANOVA indicou diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey (HSD), com o intuito de identificar quais os grupos que diferiam entre si de forma significativa. Todos os testes foram realizados assumindo um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

A escolha desta abordagem estatística segue a prática comum em estudos da área agrícola e florestal, nomeadamente aqueles que avaliam os efeitos de tratamentos químicos sobre parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas (Fernández et al., 2007). A utilização do teste de Tukey é particularmente recomendada nestes casos, dado o seu rigor na comparação entre múltiplas médias, mantendo o controlo sobre o erro do tipo I.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Taxa de Germinação

A taxa de germinação (%) obtida para três das cinco cultivares: o espinafre, a alface roxa e a courgette, rondou os 99% (Figura 29). No caso da cultura da alface verde, a taxa de germinação rondou os 97%. A cultura do pimento foi a que apresentou uma taxa de germinação inferior, a rondar os 90%.

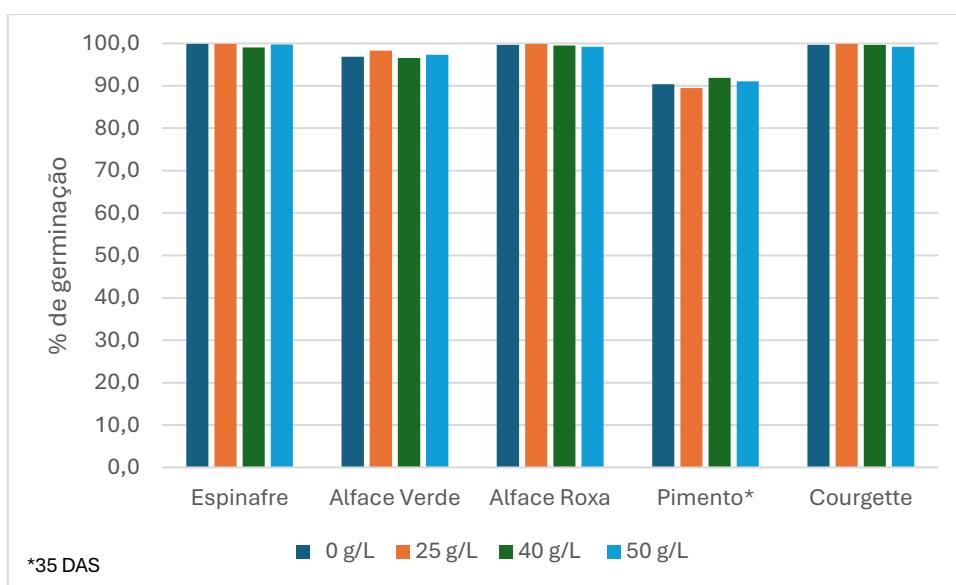


Figura 29 Taxa de germinação para as cinco culturas, avaliada 8 dias (espinafre, alface verde, alface roxa e courgette) ou 35 dias (pimento) após a sementeira. Os valores são referentes à percentagem de sementes germinadas nas diferentes culturas em três tratamentos e o controle.

### 5.2 Desenvolvimento das plântulas

A avaliação do desenvolvimento das plântulas nas diferentes culturas revelou respostas distintas à aplicação de *copper coating* (Figura 30). Para as culturas do pimento e courgette não se verificou a existência do parâmetro referente à taxa de estiolamento.

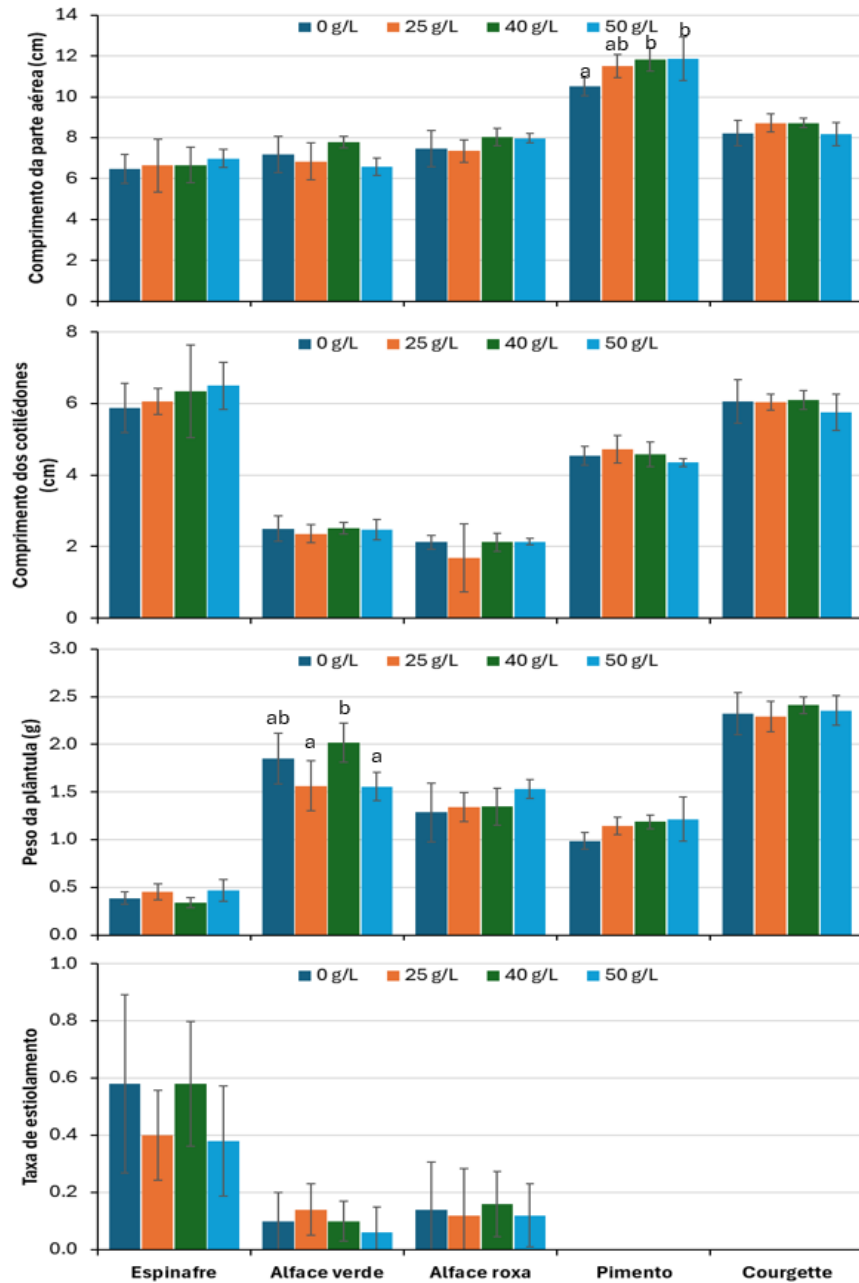


Figura 30 Desenvolvimento das plântulas das cinco culturas nas respectivas concentrações (0, 25, 40 e 50 g/L) de cobre (média  $\pm$  desvio padrão, n=5). Letras iguais indicam ausência de diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,5$ ) segundo o teste de Tukey.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7, no espinafre não se verificaram diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos parâmetros avaliados, mantendo-se valores semelhantes entre tratamentos e apenas pequenas oscilações no peso das plântulas. Relativamente ao comprimento da parte aérea (CPA), foram obtidos

valores médios mais elevados na concentração de 50 g/L com um valor de  $6,98 \pm 0,44$  cm e valores menores no controlo (0 g/L) com um valor médio de  $6,48 \pm 0,71$  cm. Para o comprimento dos cotilédones (CC), obtiveram-se valores médios mais elevados na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $6,50 \pm 0,66$  cm, enquanto os valores médios menores foram obtidos para a concentração controlo (0 g/L) com um valor médio de  $5,88 \pm 0,69$  cm. No caso da taxa de estiolamento (TE), foram obtidos valores médios maiores para concentração de controlo (0 g/L) com um valor médio de  $0,58 \pm 0,31$  cm, enquanto os valores médios menores observaram-se na concentração de 50 g/L, com um valor médio de  $0,38 \pm 0,19$  cm. Para o peso por plântula (PP), verificaram-se os maiores valores médios para a concentração de 50 g/L, com um valor médio de  $0,47 \pm 0,11$  g, enquanto o menor valor médio obtido, registou-se na concentração de 40 g/L, com um valor médio de  $0,34 \pm 0,05$  g.

Na alface verde, observaram-se diferenças significativas no peso da plântula (PP), com reduções nas concentrações de 25 g/L ( $1,57 \pm 0,26$  g) e 50 g/L ( $1,56 \pm 0,15$  g) e incremento na concentração de 40 g/L ( $2,02 \pm 0,20$  g), em contraste com o controlo, 0 g/L ( $1,85 \pm 0,27$  g). Em relação ao CPA, verificaram-se maiores valores médios na concentração de 40 g/L, com um valor médio de  $7,78 \pm 0,28$  cm, e valores médios menores na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $6,58 \pm 0,42$  cm. Para o CC, observaram-se valores médios maiores na concentração de 40 g/L com um valor médio de  $2,52 \pm 0,16$  cm, enquanto os valores médios menores foram observados na concentração de 25 g/L, com um valor de  $2,36 \pm 0,25$  cm. Relativamente à TE, observaram-se os maiores valores médios na concentração de 25 g/L, com um valor médio de  $0,14 \pm 0,09$  cm, enquanto o valor médio menor foi observado na concentração de 50 g/L, com um valor médio de  $0,06 \pm 0,09$  cm.

Na alface roxa não se registaram diferenças significativas, embora se tenha verificado uma tendência para maior biomassa nas concentrações mais elevadas. Em relação ao CPA, foram obtidos valores médios maiores na concentração de 40 g/L, com um valor médio de  $8,04 \pm 0,42$  cm, enquanto os valores médios menores foram observados na concentração de 25 g/L com um valor médio de  $7,36 \pm 0,55$  cm. Para o CC, verificaram-se os valores médios maiores na concentração de 40 g/L com um valor médio de  $2,12 \pm 0,26$  cm, enquanto o valor médio menor foi observado na concentração de 25 g/L com um valor de  $1,68 \pm 0,95$  cm. Relativamente à TE, verificaram-se os maiores valores médios na concentração de 40 g/L com um valor médio de  $0,16 \pm 0,26$  cm, enquanto os valores médios

menores foram observados na concentração de 25 g/L com um valor médio de  $0,12 \pm 0,16$  cm. Para o PP, foram obtidos valores médios maiores na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $1,53 \pm 0,10$  g, enquanto o valor médio menor foi observado na concentração de 0 g/L com um valor médio de  $1,29 \pm 0,31$  g.

No pimento, o comprimento da parte aérea (CPA) foi significativamente superior em todos os tratamentos com cobre relativamente ao controlo, não se verificando alterações relevantes nos restantes parâmetros. Em relação ao CPA, verificou-se o maior valor médio na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $11,86 \pm 1,07$  cm, enquanto o valor médio menor foi observado na concentração de controlo com um valor médio de  $10,50 \pm 0,44$  cm. Para o CC, os valores médios maiores observaram-se na concentração de 25 g/L com um valor médio de  $4,72 \pm 0,39$  cm, enquanto o valor médio menor foi observado na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $4,35 \pm 0,11$  cm. Relativamente à TE, não se verificou a existência de estiolamento das plântulas do pimento. Para o PP, verificaram-se os valores médios maiores para a concentração de 50 g/L com um valor médio de  $1,22 \pm 0,23$  g, enquanto o valor médio menor foi observado na concentração de controlo com um valor de  $0,99 \pm 0,09$  g.

Por fim, na courgette não se observaram diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos parâmetros, mantendo-se valores estáveis entre as diferentes concentrações testadas. Nas culturas do pimento e courgette não se verificou a existência de taxa de estiolamento. Para o CPA, observou-se o maior valor médio na concentração de 25 g/L com um valor médio de  $8,72 \pm 0,44$  cm, enquanto o menor valor médio foi observado na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $8,18 \pm 0,57$  cm. Em relação ao CC, verificaram-se valores médios maiores na concentração de 40 g/L com um valor médio de  $6,10 \pm 0,25$  cm, enquanto o menor valor médio foi observado na concentração de 50 g/L com um valor médio de  $5,76 \pm 0,50$  cm. Relativamente à TE, não se verificou a existência de estiolamento das plântulas da courgette. Para o PP, observou-se o maior valor médio na concentração de 40 g/L com um valor médio de  $2,41 \pm 0,09$  g, enquanto o menor valor médio foi observado na concentração de 25 g/L com um valor médio de  $2,29 \pm 0,16$  g.

Tabela 7 Efeito de diferentes concentrações de revestimento de cobre (*copper coating*) nos parâmetros de crescimento das culturas do espinafre, alface verde, alface roxa, pimento e courgette. Os valores apresentados correspondem à média  $\pm$  desvio-padrão (n = 5). CPA=comprimento da parte aérea; CC=comprimento dos cotilédones; TE=taxa de estiolamento; PP=peso da plântula. Letras iguais na mesma coluna indicam ausência de diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) segundo o teste de Tukey.

Cultura	Tratamento (g/L)	CPA (cm)	CC (cm)	TE (cm)	PP (g)
Espinafre	0	6,48 $\pm$ 0,71 a	5,88 $\pm$ 0,69 a	0,58 $\pm$ 0,31 a	0,39 $\pm$ 0,07 a
	25	6,64 $\pm$ 1,30 a	6,06 $\pm$ 0,36 a	0,40 $\pm$ 0,16 a	0,45 $\pm$ 0,08 a
	40	6,66 $\pm$ 0,86 a	6,34 $\pm$ 1,30 a	0,58 $\pm$ 0,22 a	0,34 $\pm$ 0,05 a
	50	6,98 $\pm$ 0,44 a	6,50 $\pm$ 0,66 a	0,38 $\pm$ 0,19 a	0,47 $\pm$ 0,11 a
Alface verde	0	7,18 $\pm$ 0,89 a	2,50 $\pm$ 0,35 a	0,10 $\pm$ 0,10 a	1,85 $\pm$ 0,27ab
	25	6,84 $\pm$ 0,91 a	2,36 $\pm$ 0,25 a	0,14 $\pm$ 0,09 a	1,57 $\pm$ 0,26 a
	40	7,78 $\pm$ 0,28 a	2,52 $\pm$ 0,16 a	0,10 $\pm$ 0,07 a	2,02 $\pm$ 0,20 b
	50	6,58 $\pm$ 0,42 a	2,48 $\pm$ 0,29 a	0,06 $\pm$ 0,09 a	1,56 $\pm$ 0,15 a
Alface roxa	0	7,46 $\pm$ 0,88 a	2,12 $\pm$ 0,19 a	0,14 $\pm$ 0,17 a	1,29 $\pm$ 0,31 a
	25	7,36 $\pm$ 0,55 a	1,68 $\pm$ 0,95 a	0,12 $\pm$ 0,16 a	1,34 $\pm$ 0,15 a
	40	8,04 $\pm$ 0,42 a	2,12 $\pm$ 0,26 a	0,16 $\pm$ 0,26 a	1,35 $\pm$ 0,19 a
	50	7,98 $\pm$ 0,22 a	2,14 $\pm$ 0,09 a	0,12 $\pm$ 0,11 a	1,53 $\pm$ 0,10 a
Pimento	0	10,50 $\pm$ 0,44 a	4,54 $\pm$ 0,26 a		0,99 $\pm$ 0,09 a
	25	11,52 $\pm$ 0,57ab	4,72 $\pm$ 0,39 a	-	1,15 $\pm$ 0,09 a
	40	11,82 $\pm$ 0,57 b	4,58 $\pm$ 0,34 a		1,19 $\pm$ 0,07 a
	50	11,86 $\pm$ 1,07 b	4,35 $\pm$ 0,11 a		1,22 $\pm$ 0,23 a
Courgette	0	8,22 $\pm$ 0,62 a	6,06 $\pm$ 0,60 a		2,32 $\pm$ 0,22 a
	25	8,72 $\pm$ 0,44 a	6,04 $\pm$ 0,22 a		2,29 $\pm$ 0,16 a
	40	8,72 $\pm$ 0,23 a	6,10 $\pm$ 0,25 a		2,41 $\pm$ 0,09 a
	50	8,18 $\pm$ 0,57 a	5,76 $\pm$ 0,50 a		2,36 $\pm$ 0,16 a

### 5.3 Parâmetros do substrato

A análise dos parâmetros físico-químicos do substrato (Figura 31) demonstrou que o pH se manteve estável entre tratamentos, sem variações relevantes entre as diferentes concentrações de *copper coating*. No caso do espinafre, os valores de pH obtidos para as concentrações testadas foram iguais, com um valor de 5,5. No caso da alface verde, o pH foi mais elevado na concentração de 40 g/L e mais baixo na concentração de 25 g/L e controlo, com os valores de 5,7 e 5,4, respetivamente. Para a alface roxa, a concentração que obteve maior valor de pH foi a de 40 g/L, com um valor de 6, e a que obteve menor valor de pH foi a concentração de 50 g/L, com um valor de pH de 5,7. Para o pimento, obteve-se para a concentração de 25 g/L o valor de 6, sendo este o maior valor, e 5,7 para a concentração de 40 g/L, representando o menor valor de pH obtido nesta cultura. Para a courgette obteve-se na concentração de 50 g/L o maior valor de pH com 6, e a concentração de 40 g/L, o menor valor de pH com um valor de 5,3.

De forma semelhante, a condutividade elétrica (CE) apresentou valores homogéneos, não evidenciando alterações associadas à aplicação do revestimento de cobre. No caso do espinafre, a concentração de controlo revelou o menor valor para a CE, com um valor de 0,21 mS/cm, enquanto a concentração de 40 g/L apresentou o maior valor, sendo este 0,29 mS/cm. Para a alface verde a concentração de controlo obteve 0,20 mS/cm como maior valor obtido para a CE nesta cultura, enquanto a concentração de 25 g/L originou o menor valor com 0,17 mS/cm. Em relação à alface roxa, o maior valor obtido foi 0,19 mS/cm para a concentração de controlo, enquanto o valor de 0,16 mS/cm mostrou-se o menor valor obtido para a concentração de 40 g/L. No pimento, a concentração de 40 g/L revelou o valor 0,52 mS/cm como o mais elevado, e 0,49 mS/cm na concentração de 50 g/L e de controlo como menor valor obtido. Para a cultura da courgette, obteve-se o maior valor na concentração de 50 g/L, com um valor de 0,29 mS/cm, enquanto a concentração de 40 g/L revelou o menor valor com 0,25 mS/cm.

No que respeita aos macro e micronutrientes, observou-se que as concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não apresentaram diferenças consistentes entre os tratamentos, mantendo-se em níveis comparáveis ao controlo.

No caso do fósforo, o espinafre revelou o maior valor na concentração de 40 g/L com um valor de 14,43 mg/L, e o menor valor na concentração de controlo com um valor de 6,27 mg/L. Em relação à alface verde, o maior valor obtido foi na concentração de controlo com o valor de 6,69 mg/L, e o menor valor na concentração de 25 g/L com um

valor de 3,76 mg/L. Para a alface roxa, obteve-se o valor 5,12 mg/L como sendo o valor maior elevado correspondente à concentração de 50 g/L, e o menor valor, 3,76 mg/L, na concentração de 40 g/L. Na cultura do pimento obteve-se o maior valor na concentração de 40 g/L, com o valor de 30,22 mg/L, e o menor valor observou-se na concentração de 50 g/L com um valor de 21,98 mg/L. Relativamente à courgette, a concentração de 50 g/L e de controlo obtiveram o maior valor, com um valor de 38,75 mg/L, enquanto a concentração de 40 g/L obteve o menor valor, com um valor de 18,35 mg/L.

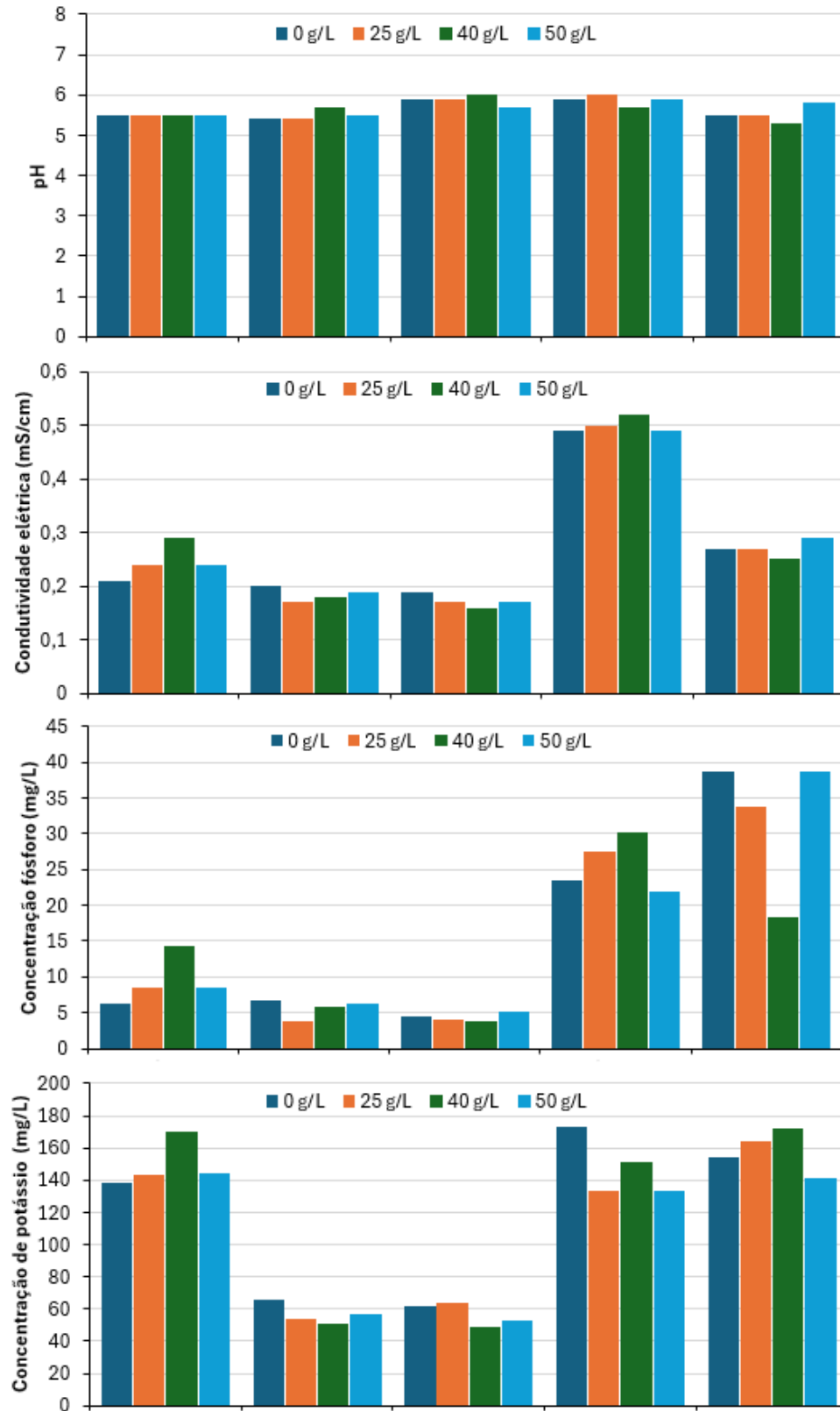
Para o potássio, no espinafre obteve o maior valor na concentração de 40 g/L, com um valor de 170 mg/L, enquanto o menor valor foi observado na concentração de controlo, com um valor de 138 mg/L. Em relação à alface verde, o maior valor foi 66 mg/L na concentração de controlo, enquanto o menor valor, 51 mg/L, foi observado na concentração de 40 g/L. Na alface roxa, o maior valor obtido foi observado na concentração de 25 g/L, com um valor de 64 mg/L, e o menor valor na concentração de 40 g/L, com um valor de 49 mg/L. Para o pimento, o controlo apresentou o maior valor obtido com um valor de 173 mg/L, e as concentrações de 25 e 50 g/L apresentaram o menor valor, com o valor 133 mg/L. Relativamente à courgette, a concentração de 40 g/L foi a que apresentou maior valor, com um valor de 172 mg/L, enquanto a concentração de 50 g/L apresentou o menor valor com 141 mg/L.

Relativamente ao cálcio, para a cultura do espinafre obteve-se o maior valor na concentração de 40 g/L, com o valor 285 mg/L, enquanto a concentração de controlo apresentou o menor valor obtido, 212 mg/L. No caso da alface verde, o maior valor obtido observou-se na concentração de 50 g/L com um valor de 234 mg/L, enquanto a concentração de 25 g/L originou o menor valor, 197 mg/L. Em relação à alface roxa, o maior valor obtido verificou-se na concentração de controlo com 210 mg/L de cálcio, enquanto a concentração de 25 g/L originou o menor valor, com 186 mg/L. No pimento, a concentração de 25 g/L originou o maior valor, 344 mg/L, enquanto a concentração de controlo apresentou o menor valor com 328 mg/L. Relativamente à courgette, verificou-se o maior valor na concentração de 50 g/L com um valor de 303 mg/L, enquanto a concentração de 40 g/L apresentou o menor valor com 218 mg/L.

Em relação ao magnésio, o espinafre originou o maior valor na concentração de 40 g/L, com 37 mg/L, enquanto a concentração de controlo originou a menor quantidade de Mg, com 25 mg/L. Para a alface verde, a concentração de 50 g/L e de controlo apresentaram a maior concentração de Mg com 28 mg/L, enquanto a concentração de 25

g/L originou o menor valor, com 25 mg/L. Em relação à alface roxa, a concentração de 25 g/L originou a maior concentração de Mg, com 28 mg/L, enquanto a concentração de 40 g/L revelou o menor valor com 20 mg/L. No caso do pimento, a concentração de 40 g/L originou o maior valor com 54 mg/L de Mg, enquanto a concentração de controlo originou o menor valor com 46 mg/L. Para a cultura da courgette, verificou-se o maior valor na concentração de 50 g/L, com 39 mg/L, enquanto a concentração de 40 g/L originou o menor valor com 24 mg/L de Mg.

Em contrapartida, o teor de cobre (Cu) no substrato aumentou de forma clara e consistente com a aplicação do *copper coating*, distinguindo-se do tratamento controlo (0 g/L), enquanto as concentrações de 25, 40 e 50 g/L apresentaram valores próximos entre si, não tendo sido observadas diferenças significativas entre estas. Neste caso, na cultura do espinafre observou-se o maior valor na concentração de 40 g/L, com 3,36 mg/L, enquanto a concentração de controlo, obteve o menor valor com 1,77 mg/L. No caso da alface verde, a concentração de 50 g/L originou o maior valor com 1,69 mg/L, e a concentração de controlo originou a menor quantidade de Cu com 1,06 mg/L. Em relação à alface roxa, a concentração de 25 g/L obteve o maior valor com 1,49 mg/L enquanto a concentração de controlo obteve o menor valor com 0,94 mg/L de cobre. Para o pimento, a concentração de 25 g/L originou a maior concentração de Cu com 2,60 mg/L, enquanto a concentração de controlo revelou o menor valor com 1,17 mg/L. Relativamente à courgette, a concentração de 50 g/L obteve o maior valor com 3,21 mg/L, e a concentração de controlo a menor concentração de Cu com 0,94 mg/L.



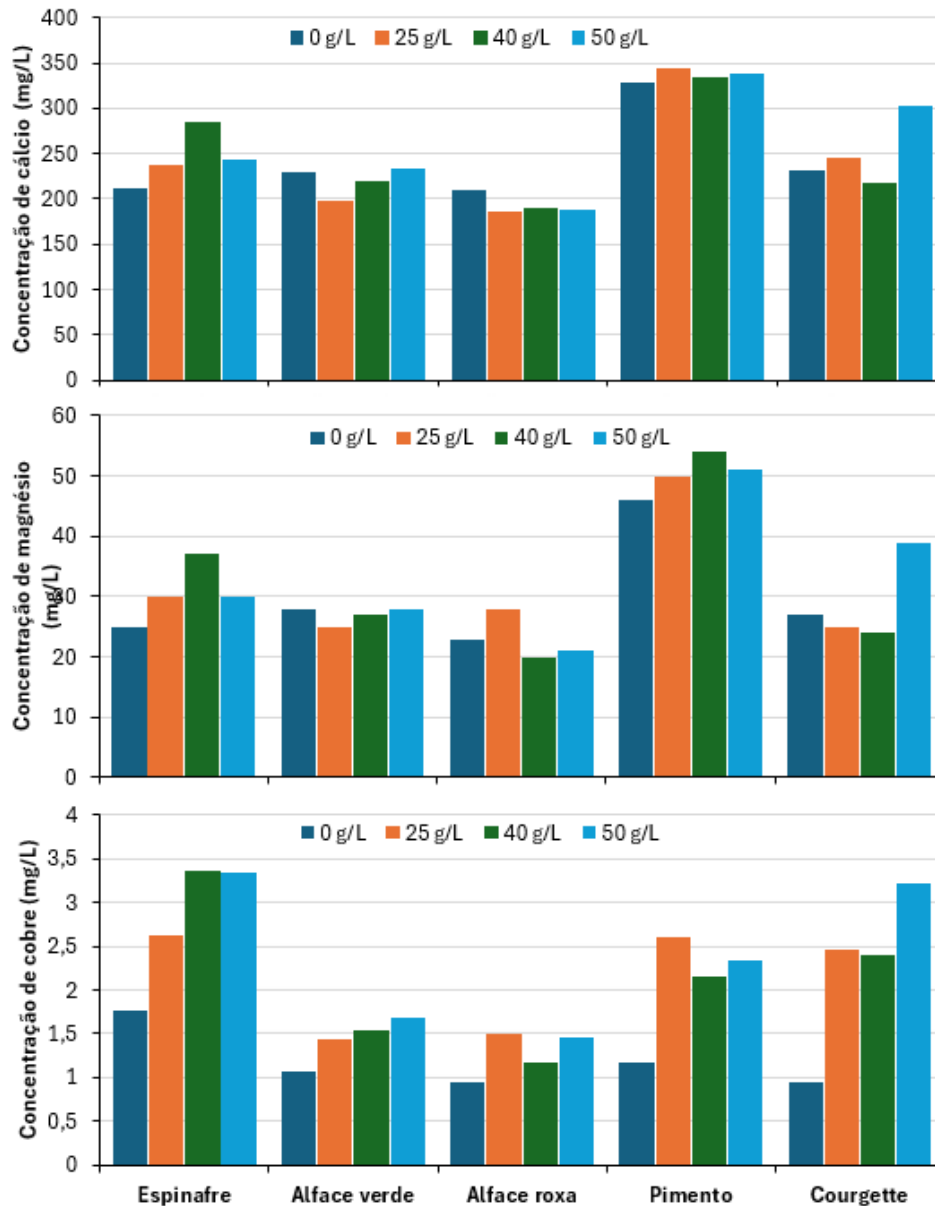


Figura 31 Resultados das análises laboratoriais referente aos parâmetros do substrato estudados (pH, CE: condutividade elétrica, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio e Cu: cobre). Em cada uma das concentrações de (0, 25, 40 e 50 g/L) para cada cultura representa apenas um valor – valor obtido em laboratório.

A análise dos parâmetros físico-químicos do substrato (Tabela 8) revelou que não se verificaram diferenças significativas entre tratamentos no que respeita ao pH, à condutividade elétrica (CE), nem aos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), confirmando a estabilidade destes elementos ao longo do ensaio.

Para o pH, o maior valor médio obtido foi para concentração de 50 g/L ( $5,68 \pm 0,16$ ), enquanto o menor valor médio obtido foi na concentração de 40 g/L ( $5,64 \pm 0,23$ ). No caso da CE, as concentrações de controlo e 25 g/L apresentaram os menores valores médios ( $0,27 \pm 0,11$  mS/cm e  $0,27 \pm 0,12$  mS/cm, respetivamente) e as concentrações de 40 e 50 g/L apresentaram os maiores valores médios ( $0,28 \pm 0,13$  mS/cm e  $0,28 \pm 0,11$  mS/cm, respetivamente). Para o fósforo, a concentração de 50 g/L apresentou o maior valor médio ( $16,12 \pm 12,83$  mg/L) enquanto a concentração de 40 g/L obteve o menor valor médio ( $14,53 \pm 9,50$  mg/L). No caso do potássio, a concentração de 40 g/L obteve o maior valor médio ( $118,68 \pm 56,49$  mg/L) e a concentração de 50 g/L obteve o menor valor médio ( $105,60 \pm 41,49$  mg/L). Para o cálcio, o maior valor médio verificou-se na concentração de 50 g/L ( $261,20 \pm 53,06$  mg/L) enquanto a concentração de 25 g/L obteve o menor valor médio ( $242,0 \pm 55,87$  mg/L). Em relação ao magnésio, o maior valor médio verificou-se na concentração de 50 g/L ( $33,80 \pm 10,34$  mg/L) enquanto a concentração de controlo obteve o menor valor médio ( $29,80 \pm 8,28$  mg/L).

Em contrapartida, observaram-se diferenças significativas para o teor de cobre (Cu), com valores mais baixos no controlo (0 g/L) e aumentos consistentes nas concentrações de 25, 40 e 50 g/L, que se agruparam no mesmo subconjunto segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Neste caso, a concentração de 50 g/L obteve o maior valor médio ( $2,41 \pm 0,77$  mg/L) enquanto o controlo originou o menor valor médio ( $1,18 \pm 0,31$  mg/L).

Estes resultados demonstram que a aplicação de *copper coating* influenciou exclusivamente o conteúdo de cobre no substrato, sem impacto nos demais parâmetros avaliados. Desta forma, apenas podemos afirmar que existiram diferenças significativas entre as concentrações no seu global.

Tabela 8 Efeito de diferentes concentrações de revestimento de cobre (*copper coating*) nos parâmetros do substrato. Os valores apresentados correspondem à média  $\pm$  desvio-padrão (n = 4) de pH, condutividade elétrica (CE), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e cobre (Cu) no substrato após aplicação de diferentes concentrações de *copper coating* (0, 25, 40 e 50 g/L). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos, segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Parâmetros	Concentrações (g/L)			
	0	25	40	50
pH	5,64 $\pm$ 0,22 a	5,66 $\pm$ 0,24 a	5,64 $\pm$ 0,23 a	5,68 $\pm$ 0,16 a
CE (mS/cm)	0,27 $\pm$ 0,11 a	0,27 $\pm$ 0,12 a	0,28 $\pm$ 0,13 a	0,28 $\pm$ 0,11 a
P (mg/L)	15,93 $\pm$ 13,34 a	15,56 $\pm$ 12,67 a	14,53 $\pm$ 9,50 a	16,12 $\pm$ 12,83 a
K (mg/L)	118,60 $\pm$ 45,95 a	111,6 $\pm$ 44,21 a	118,68 $\pm$ 56,49 a	105,60 $\pm$ 41,49 a
Ca (mg/L)	242,20 $\pm$ 43,79 a	242,0 $\pm$ 55,87 a	249,4 $\pm$ 52,98 a	261,20 $\pm$ 53,06 a
Mg (mg/L)	29,80 $\pm$ 8,28 a	31,60 $\pm$ 9,39 a	32,4 $\pm$ 12,18 a	33,80 $\pm$ 10,34 a
Cu (mg/L)	1,18 $\pm$ 0,31 a	2,12 $\pm$ 0,54 b	2,12 $\pm$ 0,75 b	2,41 $\pm$ 0,77 b

## 6. DISCUSSÃO

A aplicação de diferentes concentrações de *copper coating* revelou efeitos variáveis no desenvolvimento das cinco culturas estudadas sendo a resposta das culturas dependente da espécie e da concentração aplicada. Este comportamento confirma que a ação do cobre depende fortemente do equilíbrio entre a disponibilidade deste micronutriente no substrato e a sua absorção pelas plantas (Adrees et al., 2015; Yruela, 2005; Mir, 2021).

Estudos anteriores em viveiros de plantas florestais e ornamentais demonstram que o revestimento de recipientes com compostos de cobre, como carbonato de cobre ou hidróxido de cobre, promove o chamado *chemical root pruning*, isto é, uma poda química das raízes que estimula o desenvolvimento de um sistema radicular mais denso e funcional (Dunn et al., 1997; Aldrete et al., 2002; Crawford, 2003). Este efeito foi também descrito por (Montagnoli et al., 2022), que verificaram que revestimentos parciais de cobre induzem uma arquitetura radicular mais equilibrada, melhorando a eficiência de absorção de água e nutrientes. Assim, o aumento da biomassa observado em algumas culturas, como o espinafre, a alface roxa e o pimento, nas concentrações moderadas (40 g/L), poderá estar relacionado com esta otimização do sistema radicular.

Além disso, o cobre possui uma reconhecida ação antimicrobiana, podendo reduzir a incidência de microrganismos patogênicos no substrato e favorecer o vigor das plântulas (Yruela, 2005; Marschner, 2012). Trabalhos prévios com *Lactuca sativa* e *Zea mays* indicam que exposições subletais ao cobre, em intervalos de 10 a 50 g/L, podem induzir respostas positivas de crescimento (Babula et al., 2008; Zhang et al., 2018), efeito este que pode estar associado ao fenómeno hormético, no qual doses baixas de metais estimulam o crescimento vegetal (Maksymiec, 2007; Singh et al., 2016).

O aumento do comprimento da parte aérea do pimento nas doses mais elevadas (40 e 50 g/L) pode também estar associado a este efeito hormético e ao desenvolvimento radicular aprimorado pelo revestimento de cobre nos tabuleiros alveolados (Dias & Pinto, 2012; Dunn et al., 1997). O cobre, ao limitar o enovelamento radicular, promove maior eficiência na exploração do substrato e consequente alocação de recursos para a parte aérea. Tais resultados corroboram investigações em viveiros florestais, onde o *copper coating* em recipientes levou à produção de plântulas mais vigorosas e com maior taxa de sobrevivência após o transplante (South et al., 2005; Mathers et al., 2007).

Por outro lado, a ausência de efeitos significativos em espinafre e courgette pode indicar uma menor absorção de cobre ou maior eficiência nos mecanismos fisiológicos de tolerância (Chen et al., 2022). Espécies com maior resistência à acumulação de metais conseguem restringir a translocação de  $\text{Cu}^{2+}$  para tecidos sensíveis, mantendo o crescimento sob condições moderadamente contaminadas (Neaman et al., 2024). Adicionalmente, o uso de substratos comerciais com propriedades químicas homogêneas e pH estável pode ter atenuado a variação iônica entre tratamentos, funcionando como tampão e reduzindo a biodisponibilidade do cobre (Gruda, 2009; Rengel, 1999).

Neste estudo, os parâmetros físico-químicos do substrato mantiveram-se estáveis, com variações significativas apenas na concentração de cobre. O pH manteve-se entre 5,5 e 6, faixa ligeiramente ácida, o que influencia diretamente a disponibilidade do cobre e a sua toxicidade potencial (Alloway, 2013; Fernández-Calviño & Bååth, 2010). Valores mais baixos de pH favorecem a solubilização do  $\text{Cu}^{2+}$ , aumentando a absorção, enquanto pH mais elevados promovem a precipitação e reduzem o risco de toxicidade. A estabilidade deste parâmetro reforça que as diferenças observadas no crescimento das plântulas estão relacionadas com a aplicação do *copper coating*, e não com alterações de fertilidade do meio (Adriano, 2001; Ghasemi-Fasaei, 2008)

No entanto, a literatura alerta para os potenciais riscos ecológicos associados à utilização prolongada de revestimentos com cobre. Em viveiros ao ar livre, há registro de lixiviação e acumulação de cobre no solo e em águas superficiais, podendo afetar a microbiota e a estrutura do solo (Neaman et al., 2024; Crawford, 2003). A aplicação excessiva pode ainda comprometer o crescimento em fases iniciais e reduzir a germinação (Mottaleb et al., 2021). Assim, embora os resultados do presente estudo sugiram que concentrações moderadas de cobre podem ser benéficas para algumas culturas, é fundamental considerar a persistência do metal no ambiente e os possíveis impactos cumulativos.

Como limitação, o número reduzido de repetições e a ausência de análise do teor de cobre nos tecidos vegetais restringem as conclusões quanto à absorção efetiva do metal e à sua distribuição na planta. Estudos futuros devem integrar medições de cobre em substrato e biomassa, além de ensaios de campo que permitam avaliar a durabilidade do *copper coating* e a sua influência em condições ambientais variáveis (Montagnoli et al., 2022; Neaman et al., 2024).

## 7. CONCLUSÃO

Conclui-se que o efeito do *copper coating* no desenvolvimento inicial das plântulas depende da espécie e da concentração aplicada, sem um padrão comum entre as culturas avaliadas. As respostas foram maioritariamente limitadas, verificando-se impactos significativos apenas em alguns parâmetros específicos. Concentrações moderadas (25–40 g/L) revelaram-se, em geral, compatíveis com o crescimento das plantas, enquanto doses mais elevadas ( $\geq 50$  g/L) tendem a originar respostas negativas. A análise do substrato confirmou que os efeitos observados resultaram sobretudo da ação direta do cobre. Estes resultados contribuem para a definição de práticas mais seguras para a utilização de revestimentos à base de cobre em viveiro, reforçando a necessidade de estabelecer limites adequados de aplicação. Estudos futuros deverão aprofundar a dinâmica radicular e o comportamento das plântulas após o transplante, de forma a otimizar o uso desta tecnologia.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Adrees, M. A. (2015). Environmental Science and Pollution Research. *The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: A review.*(22), 11, 8148–8162. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4496-5>
- Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., . . . Irshad, M. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 119, 186-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011>
- Adriano, D. C. (2001). *Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals* (2 ed.). Springer. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-21510-5>
- Aldrete, A., Mexal, J. G., Philips, R., & Vallotton, A. D. (2002). Copper coated polybags improve seedling morphology for two nursery-grown Mexican pine species. In *Forest Ecology and Management* (Vol. 163, pp. 197-204). [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00579-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00579-5)
- Alloway, B. J. (2008). Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production. In B. Alloway (Ed.), *Micronutrients and Crop Production: An Introduction* (pp. 1-39). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6860-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6860-7_1)
- Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. 22. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>
- Almeida, D. (2006). *Manual de Culturas Hortícolas* (Vol. 2).
- Almeida, D. (2015). *Manual de Culturas Hortícolas* (3º ed., Vol. 1). Editorial Presença.
- Arnold, M. A., & McDonald, G. V. (2009). *Groundcovers, Organic and Inorganic Mulches, and Masonry Surfaces Differentially Affect Establishment and Root Zone Characteristics of Urban Trees* (5 ed., Vol. 35). <https://doi.org/10.48044/jauf.2009.037>
- Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R., Zehnalek, J., Havel, L., & Kizek, R. (2008). Environmental Chemistry Letters. *Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: A review.*, 6, 189–213. <https://doi.org/10.1007/s10311-008-0159-9>

- Barcelos, C. (2015). Influência do substrato no crescimento de (*Spinacia oleracea* L.). Évora: Universidade de Évora.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W., & Nonogaki, H. (2013). *Physiology of Development, Germination and Dormancy* (3 ed.). Springer.
- Brito, L., & Mourão, I. (2012). Características dos substratos para Horticultura: composição e características dos constituintes individuais dos substratos (Parte II / II). (3), pp. 64-69. Retrieved from <http://www.agronegocios.eu/noticias/caracteristicas-dos-substratos-para-horticultura-composicao-e-caracteristicas-dos-constituintes-individuais-dos-substratos-parte/>
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). *New Phytologist*. *Zinc in plants*, 173, 4, 677-702. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x>
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2012). *Zinc in plants*. *New Phytologist*, 195(3), 490–511. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04179.x>
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., & Zhao, F. (2012). Function of nutrients: Micronutrients. In P. Marschner, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3 ed., pp. 191-248). Academic Press.
- Calabrese, E. J. (2003). Annual Review of Pharmacology and Toxicology. *Hormesis: The dose–response revolution*, 43, 175–197. <https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.43.100901.140223>
- Chen, G., Li, J., Han, H., Du, R., & Wang, X. (2022). *Physiological and Molecular Mechanisms of Plant Responses to Copper Stress*, 23. <https://doi.org/10.1422-0067/23/21/12950#>
- Clemens, S. (2006). *Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants*, 88(11), pp. 1707-1719. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.07.003>
- Coelho, D. V. (2010). Estudo comparativo da utilização de vários substratos de turfa, em viveiros de horticultura, na época de produção primavera-verão. Universidade de Évora. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10174/14183>
- Copeland, L., & McDonald, M. (2001). *Seed Science and Technology* (4 ed.). Springer.

- Crawford, M. A. (2003). Copper-coated containers and their impact on the environment. *USDA Forest Service Proceedings*, 76-78.
- Damtew, Z. M. (2021). Advances In Agronomy, Plant Breeding and Horticulture. *Brief note on importance of nursery management in horticulture*, 9, pp. 19-20.
- Dias, L. S., & Pinto, J. (2012). *Efeitos de metais pesados no crescimento vegetal*. Universidade de Évora.
- Dong, J. M. (2007). Plant, Soil and Environment. *Root excretion and plant tolerance to cadmium toxicity – a review*(53), 5, 193–200. <https://doi.org/10.17221/2226-PSE>
- Dumroese, R., James, R., & Wenny, D. (2002). Hot Water and Copper Coatings in Reused Containers Decrease Inoculum of Fusarium and Cylindrocarpum and Increase Douglas Fir Seedling Growth. *HortScience*, 943-947.
- Dunn, G. M., Huth, J. R., & Lewty, M. J. (1997). Coating nursery containers with copper carbonate improves root morphology of five native Australian tree species used in agroforestry systems. In C. Dupraz (Ed.), *Agroforestry Systems* (Vol. 37, pp. 143-155). Springer. <https://doi.org/10.1023/A:1005863707277>
- Extension, M. U. (2017). *Building and using hotbeds and cold frames*. Retrieved from [https://extension.missouri.edu/publications/g6965?utm\\_source=chatgpt.com](https://extension.missouri.edu/publications/g6965?utm_source=chatgpt.com)
- Fabriculture, L. (2024). *Presse mottes à une main*. Retrieved from [https://www.lafabriculture.fr/fr/semis-plantation/103-986-presse-motte-4-ou-5-mottes.html#/90-nombre\\_de\\_mottes-20\\_mottes\\_de\\_17\\_mm](https://www.lafabriculture.fr/fr/semis-plantation/103-986-presse-motte-4-ou-5-mottes.html#/90-nombre_de_mottes-20_mottes_de_17_mm)
- FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of food and agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture*.
- FAO. (2023). Technical Fact Sheet. *Vegetable seedling production in trays*.
- Fereres, E., & Soriano, M. (2007). Journal of Experimental Botany. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147-159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
- Fernández, M., Tejero, J., Pérez, I., Soria, F., Ruiz, F., & López, G. (2007). *Effect of Copper Coating Nursery Containers on Plant Growth and Root Morphology of Eucalyptus globulus Labill. Cuttings and Seedlings*. Espanha.

- Fernández-Calviño, D., & Bååth, E. (2010). *Growth response of the bacterial community to pH in soils differing in pH*, 73, pp. 149-156. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00873.x>
- Fernández-Calviño, D., & Bååth, E. (2010). FEMS Microbiology Ecology. *Growth response of the bacterial community to pH in soils differing in pH*, 84(3), 473-482. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00873.x>
- Ferraz, M. V., Centurion, J. F., & Beutler, A. N. (2005, abril-junio). Acta Scientiarum. Agronomy. *Caracterização física e química de alguns substratos comerciais*, 27(2), pp. 209-214.
- Filho, J. (2005). *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas* (Vol. 12). Retrieved from <https://pt.scribd.com/document/682239478/Fisiologia-de-Sementes-de-Plantas-Cultivadas-marcos-Filho-2-compressed>
- García-Gómez, C. O. (2018). Geoderma. *Plant availability and phytotoxicity of copper in biosolid-amended soils*, 313, 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.040>
- GermiGarden. (2014). Semente abobrinha F1 Dynamic.
- Ghasemi-Fasaei, R. &. (2008). Journal of Plant Nutrition. *Interaction of iron with copper, zinc, and manganese in wheat as affected by iron-efficient and iron-inefficient genotypes*(9), 31, 1612–1629. <https://doi.org/10.1080/01904160802208220>
- Gong, Q., Wang, L., Dai, T., Kang, Q., Zhou, J., & Li, Z. (2019). *Effects of copper treatment on mineral nutrient absorption and cell ultrastructure of spinach seedlings*. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201903.031>
- Gong, Q., Wang, L., Dai, T., Zhou, J., Knag, Q., Chen, H., . . . Li, Z. (2019). *Effects of copper on the growth, antioxidant enzymes and photosynthesis of spinach seedlings*, 771-780. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.016>
- Gruda, N. (2009). Does soilless culture have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(2), 141-147.
- Gruda, N. (2009). Journal of Applied Botany and Food Quality. *Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables?*, 82(2), 141–147. Retrieved from

[https://www.researchgate.net/publication/237821108\\_Does\\_soilless\\_culture\\_have\\_an\\_influence\\_on\\_product\\_quality\\_of\\_vegetables](https://www.researchgate.net/publication/237821108_Does_soilless_culture_have_an_influence_on_product_quality_of_vegetables)

- Gruda, N. (2009). *Journal of Applied Botany and Food Quality*. *Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables?*, 82, 2, 141–147. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2009.082.020>
- Guerreiro, I., Santos, J., & Gadanakis, Y. (2017). Greenhouse horticulture in Portugal: Current situation and perspectives. *Acta Horticulturae*, 1156, 45–52.
- Hall, J. L. (2002). *Journal of Experimental Botany*. *Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance.*, 53, 366, 1–11. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.1>
- Handreck, K. A., & Black, N. (1991). Growing media for ornamental plants and turf.
- Heiskanen, J. (1993). Favourable water and aeration conditions for growth media used in containerized tree seedling production: a review. 8, 337-358.
- Howell, T. (2003). *Encyclopedia of Water Science*. (M. Dekker, Ed.) *Irrigation Efficiency*, pp. 467-472.
- Inbar, Y. C. (1993). Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and. *Properties for Establishing Standards for Utilization of Composts*, 668-694. (R. Publications, Ed.) Worthington, EUA: Hoitink e H.M. Keener.
- Insausti, J. A. (1993). *El substrato ideal, Cultivo e comércio* 2, 15-16. (Plantflor, Ed.)
- Jaenicke, H. (1999). *Good Tree Nursery Practices: Practical Guide Lines for Research Nurseries*.
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace elements in soils and plants. 4. CRC Press.
- Kämpf, A. N. (2000). *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária.
- Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkler and trickle irrigation*. (V. N. Reinhold, Ed.) New York.
- Lamichhane, J. R. (2018). Crop Protection. *Integrated management of damping-off diseases*, 108, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.013>
- Lemaire, F. D. (1989). Cultures en pots et conteneurs. Principes agronomiques et applications. Paris: INRA- PHM Revue Horticole.

- Lima, S. C., Seleguini, A., & Faria, J. M. (2018). *Horticultura Brasileira. Copper hydroxide coating in seedling trays and its effects on root architecture and plant development*, 36(2), 226-232.
- Maksymiec, W. (2007). *Acta Physiologiae Plantarum. Signaling responses in plants to heavy metal stress*, 29, 3, 177–187. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-007-0036-3>
- Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, 3. Academic Press. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
- Martinez, F. (1991). Reflexiones sobre el cultivo en substrato en España. In *Horticultura* 72 (pp. 37-42).
- Martinez, F., Burés, S., & Mas, X. (1988). *Actas de las I Jornadas de Substratos de la SECH. Variacion de las propiedades de 5 substratos à base de turba en relacion con los metodos de analisis utilizados*(11), 67-75.
- Mathers, H. M., Lowe, S. B., Scagel, C., Struve, D. K., & Case, L. T. (2007). *Abiotic Factors Influencing Root Growth of Woody Nursery Plants in Containers*, 17, pp. 151-162. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.2.151>
- Matos, C. (2011). *Formulação e avaliação de substratos para a produção de plantas aromáticas envasadas em modo de produção biológico. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronómica*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade técnica de Lisboa.
- Miner, J. A. (1994). *Substratos: propiedades e caracterizacion*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Mir, B. A. (2021). *Environmental Science and Pollution Research. Copper toxicity in plants: A review of current knowledge and future prospects*, 28, 6, 5834–5849. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10761-2>

- Montagnoli, A., Dumroese, R., Negri, G., Scippa, G., Chiatante, D., & Terzaghi, M. (2022). Asymmetrical copper root pruning may improve root traits for reforesting steep and/or windy sites. In *New Forests* (Vol. 53, pp. 1093-1112). <https://doi.org/10.1007/s11056-022-09913-1>
- Mottaleb, S., Hassan, A., El-Bahbohy, R., & Mahmoud, A. (2021). Agronomy. *Are Copper Nanoparticles Toxic to All Plants? A Case Study on Onion (Allium cepa L.)*. <https://doi.org/10.3390/agronomy11051006>
- Mourão, I., Reis, M., Brito, M., Rodrigues, R., Afonso, A., Almeida, D., & Gomes, M. (2007). *Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico*. (I. Mourão, Ed.)
- Nascimento, W., & Cantliffe, D. (2002). Horticultura Brasileira. *Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas*, 20(1), pp. 103-106.
- Neaman, A., Schoffer, J., Navarro-Villarreal, C., Pelosi, C., Peñaloza, P., Dovletyarova, E., & Schneider, J. (2024). Copper contamination in agricultural soils: A review of the effects of climate, soil properties, and prolonged copper pesticide application in vineyards and orchards. *Plant, Soil and Environment*, 70, 407-417. <https://doi.org/10.17221/501/2023-PSE>
- Ortega, U., Majada, J., Mena-Petite, A., Sanchez-Zabala, J., Rodriguez-Iturrizar, N., Txarterina, K., . . . Duñabeitia, M. (2006). *New Forests. Field Performance of Pinus radiata D. Don Produced in Nursery with Different Types of Containers*, 31, 97-112.
- Poschenrieder, C. T. (2013). *Can metals defend plants against biotic stress? Trends in Plant Science*(1), 18, 4-5. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.10.008>
- Quintero, M., González, C., & Guzmán, J. (2011). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. *Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte*, 79-108. (V. F. R., Ed.) Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Raviv, M., Chen, Y., & Inbar, Y. (1986). The role of organic matter in modern agriculture. *Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants*, Y. Chen e Y. Avnimelech, 257-287. (Y. C. Avnimelech, Ed., & T. Hague, Trans.) Holanda: Martinus Nijhoff Publishers.

- Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., & Bar-Tal, A. (2002). Substrates and their analysis. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/313419715\\_Substrates\\_and\\_their\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/313419715_Substrates_and_their_analysis)
- Redlich, G., & Verdure, C. (1975). PHM Revue Horticole. *Le comportement physique des turbes et terraux en cours de culture*, 160, 13-20.
- Reis, M. (1997). Compostagem e caracterização de resíduos vegetais para utilização como substratos hortícolas. Faro: Universidade do Algarve.
- Reis, M. (2007). Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. *Material Vegetal e Viveiros*, pp. 19-52.
- Reis, M. (2023). Horticultura II. *Substratos hortícolas: características, preparação e utilização*.
- Rengel, Z. (1999). Heavy metal stress in plants. *Heavy metals as essential nutrients*, 231–254. (M. N. Hagemeyer, Ed.) Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07743-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07743-6_12)
- Rengel, Z. (1999). In: Heavy Metal Stress in Plants. *Heavy Metals as Essential Nutrients*, 231-254. (M. N. Hagemeyer, Ed., & Springer, Compiler) [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07745-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07745-0_11)
- Rucińska-Sobkowiak, R. (2016). Acta Physiologiae Plantarum. *Water relations in plants subjected to heavy metal stresses*, 38, 257. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2049-7>
- Semillas Fitó*. (2022). Retrieved from <https://www.semillasfito.pt/pt-pt/productos/hort%C3%ADcolas/pimiento/lamuyo-rojo/ramonete/>
- Singh, A. P. (2016). Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. *Response of plants to toxic heavy metals: An overview*, 103–121. (P. A. Prasad, Ed.) Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4_6)
- Singh, H., Mahajan, P., Kaur, S., Batish, D., & Kohli, R. (2016). Brazilian Journal of Plant Physiology. *Copper toxicity in plants: A review*, 28(2), 95-108.

- South, D., Harris, S., Barnett, J., Hains, M., & Gjerstad, D. (2005). Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S.A. In *Forest Ecology and Management* (Vol. 204, pp. 385-398). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.09.016>
- Von Post, L. (1922). Sveriges Geologiska Undersökning. *Sveriges Geologiska Undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat., Series C, 282*, 1-27.
- Wilkinson, K. M., Landis, T. D., Haase, D. L., Daley, B. F., & Dumroese, R. K. (2014). Tropical Nursery Manual. *A guide to starting and operating a nursery for native and traditional plants*, pp. 123-139.
- Yadav, K., & Bajpay, A. (2019). The Journal of the Greens and Gardens. *Nursery pro-trays and its importance in horticulture, 1(02)*, 28-29.
- Yruela, I. (2005). Brazilian Journal of Plant Physiology. *Copper in plants, 17, 1*, 145–156. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100012>
- Zar, J. (2007). *Biostatistical Analysis* (5 ed.). NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Zhang, Z., Ke, M., Qu, Q., Peijnenburg, W., Lu, T., Zhang, Q., . . . Quian, H. (2018). Impact of copper nanoparticles and ionic copper exposure on wheat (*Triticum aestivum* L.) root morphology and antioxidant response. In *Environmental Pollution* (3 ed., Vol. 239, pp. 689-697). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.066>
- ZWAAN, R. (2024). *MADIE RZ*. Retrieved from <https://www.rijkszwaan.pt/product/LS10643>
- ZWAAN, R. (2024). *MINERAL RZ*. Retrieved from <https://rijkszwaan.pt/alface/MINERAL-RZ-prdLS10879-ctgCrops.lettuce>
- ZWAAN, R. (2025). *TRAGOPAN RZ F1*. Retrieved from <https://www.rijkszwaan.pt/sementes-de-hort%C3%ADcolas/espinafre/tragopan-rz-f1-prdSO10083-ctgCrops.spinach>

## 9. ÍNDICE DOI

Adrees, M. (2015). *The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: A review*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4496-5>

Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., et al. (2015). *Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011>

Aldrete, A., Mexal, J. G., Philips, R., & Vallotton, A. D. (2002). *Copper-coated polybags improve seedling morphology....* DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00579-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00579-5)

Alloway, B. J. (2008). *Micronutrients and crop production: An introduction*. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6860-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6860-7_1)

Alloway, B. J. (2013). *Heavy metals in soils*. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>

Arnold, M. A., & McDonald, G. V. (2009). *Surface materials affect root zone characteristics of urban trees*. DOI: <https://doi.org/10.48044/jauf.2009.037>

Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R., et al. (2008). *Uncommon heavy metals and their plant toxicity: A review*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-008-0159-9>

Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., et al. (2007). *Zinc in plants*. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x>

Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., et al. (2012). *Zinc in plants*. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04179.x>

Calabrese, E. J. (2003). *Hormesis: The dose–response revolution*. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.43.100901.140223>

Chen, G., Li, J., Han, H., Du, R., & Wang, X. (2022). *Plant responses to copper stress*. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232112950>

Clemens, S. (2006). *Toxic metal accumulation and tolerance in plants*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.07.003>

Dong, J. (2007). *Root excretion and plant tolerance to cadmium toxicity – a review*. DOI: <https://doi.org/10.17221/2226-PSE>

- Dunn, G. M., Huth, J. R., & Lewty, M. J. (1997). *Copper carbonate coatings improve root morphology*. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1005863707277>
- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). *Irrigation efficiency review*. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
- Fernández-Calviño, D., & Bååth, E. (2010). *Bacterial community growth response to pH*. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00873.x>
- García-Gómez, C. (2018). *Plant availability and phytotoxicity of copper in biosolid-amended soils*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.040>
- Ghasemi-Fasaei, R., & Ronaghi, A. (2008). *Interaction of iron with Cu, Zn and Mn in wheat*. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160802208220>
- Gong, Q., Wang, L., Dai, T., Zhou, J., et al. (2019). *Copper effects on spinach — enzymes and photosynthesis*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.016>
- Gruda, N. (2009). *Effect of soilless culture on vegetable quality*. DOI: <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2009.082.020>
- Hall, J. L. (2002). *Cellular mechanisms for heavy metal detoxification*. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.1>
- Lamichhane, J. R. (2018). *Integrated management of damping-off diseases*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.013>
- Lima, S. C., Seleguini, A., & Faria, J. M. (2018). *Copper hydroxide coating in seedling trays*. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180213>
- Maksymiec, W. (2007). *Signalling responses to heavy metal stress*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0036-3>
- Mir, B. A. (2021). *Copper toxicity in plants — review*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10761-2>
- Montagnoli, A., Dumroese, R., et al. (2022). *Asymmetrical copper pruning improves root traits*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-022-09913-1>
- Mottaleb, S., Hassan, A., et al. (2021). *Are copper nanoparticles toxic to all plants?* DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11051006>

- Neaman, A., Schoffer, J., et al. (2024). *Copper contamination in agricultural soils — review*. DOI: <https://doi.org/10.17221/501/2023-PSE>
- Poschenrieder, C. & Barceló, J. (2013). *Can metals defend plants against biotic stress?* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.10.008>
- Rengel, Z. (1999). *Heavy metals as essential nutrients*. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07743-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07743-6_12)
- Rengel, Z. (1999). *Heavy metal stress in plants*. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07745-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07745-0_11)
- Rucińska-Sobkowiak, R. (2016). *Water relations under heavy metal stress*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2049-7>
- Singh, A. P. (2016). *Plant response to toxic heavy metals*. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4_6)
- South, D., Harris, S., Barnett, J., et al. (2005). *Effect of container type on Pinus palustris*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.09.016>
- Yruela, I. (2005). *Copper in plants*. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100012>
- Zhang, Z., Ke, M., Qu, Q., et al. (2018). *Impact of copper nanoparticles on wheat root morphology*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.066>

# ANEXOS

## ANEXO I – Ficha técnica Argalite Incolor (Arga®)

### FICHA TÉCNICA



#### 5822500X ARGALITE Branco/ Incolor

##### Vantagens

- Excelente capacidade de aglomeração;
- Excelente resistência à alcalinidade;
- Excelente aderência;
- Pode ser aplicado com tempo húmido;

##### Propriedades

- Primário solvente baseado em resina Pliolite.
- Promove a aderência entre o substrato e a camada de tinta.
- Diminui o risco de problemas de manchas de cor na tinta final.

##### Campo de Aplicação

Recomendamos a aplicação no exterior ou interior, sobre todo o tipo de argamassas de cimento, pedra natural e tijolo. Como pode ser aplicado sobre suportes alcalinos diminui o tempo de espera desde o fabrico do cimento até à aplicação de tinta em cerca de 14 dias.

O *Argalite Incolor* pode ser aplicado sobre suportes caiados para posterior aplicação de tinta.

##### Aplicação

###### Preparação do substrato

As superfícies devem estar coesas, sem fendas, gorduras e contaminantes.

##### Características

Aspeto.....	Mate
Cor.....	Branco/ Incolor
Substrato.....	Todo o tipo de suportes usados em paredes
Viscosidade.....	100±5 KU (a 23°C) para branco
Densidade.....	1.33 ± 0.03 (a 23°C) para branco
Nº demãos.....	1
Rendimento teórico.....	6 a 8 m <sup>2</sup> /l/d
Processo de aplicação...	Trincha, rolo anti-gota e pistola airless
Diluyente .....	Sintético
Dil. Limpeza.....	Sintético
Seco ao tacto.....	Aprox 2 h
Repintura.....	6 a 8 h
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Diretiva 2004/42/CE Valor limite da UE para este produto (cat A/ h): 750 g/l 2010  Este produto contém no máximo 749 g/l.
Tipo de embalagens	1, 5 e 15 l
Armazenagem e Estabilidade	Mantenha as embalagens fechadas e protegidas da luz solar, da humidade e do calor excessivo, garantindo assim a estabilidade durante 2 anos.

ARGACOL RESERVA-SE AO DIREITO DE ALTERAR QUAISQUER DADOS CONSTANTES NESTA PUBLICAÇÃO, SEM AVISO PRÉVIO.

Edição nº7 22/03/2025  
Página 1 de 2

ARGACOL-TINTAS E VERNIZES, S.A.  
Av. Portas do Minho, 711-4760-706  
Tel. +351 252 910 030  
[argal@argatintas.pt](mailto:argal@argatintas.pt) [www.argatintas.pt](http://www.argatintas.pt)



**5822500X ARGALITE Branco/ Incolor****Suportes novos:**

Cimento novo, esperar 28 dias após a aplicação do cimento para cura completa, estuque projetado ou gesso cartonado aplicar uma demão de Primário ARGALITE Branco. Caso não seja possível um período tão longo de espera, aplicar o ARGALITE após 14 dias de cura.

**Suporte previamente pintado:**

Escovar e lavar para retirar a tinta não aderente e refazer as zonas danificadas com as massas apropriadas. Deixar secar 24 horas e proceder como para cimento novo.

**Suporte previamente pintado/caiados:**

Se o suporte for caído ou estiver em muito mau estado de desagregação / farinação é recomendado a aplicação de Argalite Incolor.

**Aplicação como barreira de migração de sais/ efflorescências:**

Adicionar a 1L ARGALITE BRANCO 0,3 a 0,5 L de Cimento branco 42,5 CE. Molhar ligeiramente o suporte.

Aplicar a mistura do ARGALITE BRANCO no suporte com este ainda húmido. Este produto irá secar por evaporação dos solventes e por reação do cimento com a humidade do suporte criando uma barreira física a migração de efflorescências.

Caso o substrato apresente contaminações de fungos e algas aplicar TOUT NET Solução de Limpeza de acordo com o FT. Depois proceder como para aplicações sobre cimento novo.

**Aplicação**

Agitar o produto até à completa homogeneização. Aplicar sem diluição.

**Condições de Aplicação**

A temperatura do suporte tem de estar 3°C acima da temperatura de orvalho, mas não pode estar quente devido a exposição solar. Não aplicar o produto com temperatura ambiente inferior a 7°C.

**Higiene, Segurança e Ambiente**

Para mais informações a leitura do **Rotulo do Produto** e da **FICHA DE SEGURANÇA** do produto é fundamental.

**Nota**

As informações fornecidas são corretas de acordo com os nossos ensaios, mas são dadas sem garantia, uma vez que as condições de aplicação estão fora do nosso controlo.

O valor de COV acima referido diz respeito ao produto pronto a aplicar tintado, diluído ou catalisado, com produtos por nós recomendados. Não nos responsabilizamos por produtos obtidos por misturas com produtos diferentes dos que nos aconselhamos

## ANEXO II – Ficha técnica fungicida Cuprital®

# Fungicida

# Cuprital®

Fungicida cúprico preventivo

Tipo de produto: Fungicida

Composição: Pó molhável (WP) c/ 50% (p/p) de cobre (sob a forma de oxidocloreto de cobre)

Família química: Inorgânico

Número de APV: 1694

Classificação ADR: 3077, 9, III

Embalagem: 500 g, 5 kg e 25 kg



PERIGO

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

- CUPRITAL® é um fungicida com ação bacteriostática de ação preventiva, indicado para o controlo do míldio da videira e citrinos, cancro e pedrado das pomóideas, lepra, crivado e moniliose das prunóideas, gafa e olho de pavão do olival
- A sua persistência de ação é de 7-10 dias, devendo a aplicação ser renovada após uma precipitação superior ou igual a 20mm

### OBSERVAÇÕES

- A aplicação de CUPRITAL® com tempo frio e chuvoso é suscetível de provocar fitotoxicidade
- Em pomóideas e prunóideas efetuar as aplicações durante o estado de repouso vegetativo
- Na vinha, as aplicações com fungicidas cúpricos devem efetuar-se após o "bago de ervilha" por forma a evitar o desavinho. Estes tratamentos têm o benefício acrescido de favorecer o atempamento das varas e diminuir a suscetibilidade do cacho a ataques de oídio e da podridão cinzenta dos cachos, ao aumentar a resistência da película do bago
- Produto utilizável em Modo de Produção Biológico, de acordo com a legislação, para qualquer esclarecimento adicional poderá consultar a lista de produtos no site [www.ecocert.com](http://www.ecocert.com) em listas de produtos procurando pelos nomes comerciais
- Para mais informações consulte a Ficha de Dados de Segurança do produto.
- Os produtos fitofarmacêuticos (PFF) homologados em Portugal podem ser utilizados em proteção integrada (PI), não existindo uma lista de PFF's recomendados especificamente para esse efeito. A escolha do PFF deve ter, obrigatoriamente, em consideração a aplicação dos princípios gerais da PI e as normas definidas para a cultura.

ASCENZA®

Edição: FI (CIP - 04/20) (AS) A.F. - Leia sempre o rótulo da embalagem, siga as instruções de uso e escolha o nome de frutíferas e símbolos constantes do mesmo.

CULTURA	DOENÇA	CONC. (g/hl)	DOSE (kg/ha)	ÉPOCAS E CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO	IS (dias)
CITRINOS	Míldio, Alternaria, Queimado ou Pinta negra	300 - 600	3 - 6	Iniciar os tratamentos no Outono quando se verificar um abaixamento da temperatura e surjam as primeiras chuvas fortes. Repetir a intervalos de 3 a 4 semanas enquanto o tempo decorrer frio e húmido. Normalmente 3 aplicações são suficientes, a primeira em meados de novembro, a segunda em fins de dezembro e a terceira em princípios de fevereiro.	7
MACIEIRA	Cancro ou Nectria	500 - 1000	5 - 10	Fazer três tratamentos respetivamente no início, meio e fim da queda das folhas. Nunca aplicar após o aparecimento da panta verde das folhas.	
PEREIRA	Pedrado e Moniliose	400 - 600	4 - 6	Realizar uma aplicação no estado de repouso vegetativo usando a concentração mais elevada. Este tratamento é desnecessário em macieiras quando se pretenda combater unicamente o pedrado. Tratar ao aparecimento das pantas verdes das folhas usando a concentração mais baixa.	
NESPEREIRA	Pedrado			Iniciar os tratamentos um pouco antes da floração. Repetir à queda das pétalas e sempre que as condições climáticas e a evolução da doença o justifiquem, a intervalos de 2 a 3 semanas até ao início da mudança da cor dos frutos.	
OLIVEIRA	Gafá, Cercosporise e Olho de Pavão	400 - 500	4 - 5	Realizar o primeiro tratamento antes da queda das primeiras chuvas outonais. Se as condições climáticas decorrem favoráveis ao desenvolvimento da doença repetir o tratamento passadas 3 semanas.	
PRUNÓIDEAS	Lepra e Crivado	400 - 1000	4 - 10	Realizar uma aplicação à queda das folhas usando a concentração mais elevada. Repetir ao entumescimento dos gamos usando a concentração mais baixa.	
	Moniliose	400	4	Realizar uma aplicação ao entumescimento dos gamos.	
	Cancro	600	6	Fazer três tratamentos respetivamente no início, meio e fim da queda das folhas.	
VIDEIRA	Míldio	300 - 600	3 - 6	Só deve ser aplicado nos dois últimos tratamentos.	

As concentrações indicadas referem-se a pulverizações em alto volume.

#### ALARGAMENTO DE ESPECTRO PARA USOS MENORES

CULTURA	DOENÇA	CONC. (g/hl)	DOSE (kg/ha)	ÉPOCAS E CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO	IS (dias)
ABÓBORA	Míldio e Antracnose	300	3	Tratar ao aparecimento da doença.	7
MACIEIRA	Fogo Bacteriano	400	4	Tratar até ao aparecimento da panta verde.	*
PEREIRA		500 - 1000	5 - 10	Tratar preventivamente à queda das folhas.	
MANGUEIRA	Bacterioses	300 - 600	3 - 6	Fazer pulverizações dirigidas à copa das árvores no Inverno/Primavera. Poderá efetuar 2-4 aplicações anuais.	7
KIWI	Bacterioses	125 - 250	máx. 2,5	Tratar desde o fim da colheita até à rebentação (máx. 5 aplicações).	7

\* isento dada a época de aplicação preconizada

#### INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- A eficácia e a eventual fitotoxicidade resultantes destas utilizações menores são da inteira responsabilidade do utilizador do produto fitofarmacêutico



Videira / míldio



Pomáceas / pedrado



Prunóideas / lepra



**ANEXO III – Ficha técnica do desinfetante bactericida OXI PREMIUM® 15.**

**NORDEN**  
AGRO

**OXI PREMIUM® 15**  
DESINFECTANTE BACTERICIDA FUNGICIDA

QUIMSA

POTENTE  
LIMPIADOR  
DESINCRUSTANTE Y  
DESINFECTANTE  
DE SISTEMAS  
DE RIEGO

PRODUCTO  
IDÓNEO PARA  
ELIMINACIÓN DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS  
E INORGÁNICOS

EFICAZ  
DESINFECTANTE  
CONTRA TODO TIPO DE  
MICROORGANISMOS  
PATÓGENOS

residuos  
0 plaguicidas  
0 insecticidas

NO CONTIENE  
ACIDO PERCLORICO  
PERCLORATOS  
FOSFONATOS

CAA  
LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

SIGFITO  
GESTIÓN RECICLADA ENVASES AGRICOLA

CONTENIDO NOMINAL:  
22kg

Nº de Registro sanitario: 17-20/40-07010 y HA

Producto aprobado por el Ministerio de Sanidad  
como desinfectante de tuberías en líneas de riego



# OXI PREMIUM<sup>®</sup> 15

DESINFECTANTE BACTERICIDA FUNGICIDA

DGSP: 17-20/40-07010 Y HA.

**Aplicaciones y usos autorizados:** Uso ambiental. Aplicación exclusivamente por personal profesional. Desinfección de contacto: Superficies y equipos. Desinfección de contacto: Superficies, equipos, instalaciones y tuberías en líneas de riego. Uso en industria alimentaria. Uso en industria alimentaria. Desinfección de contacto: superficies e equipamientos. Aplicación exclusivamente por personal especializado / Aplicación exclusivamente por personal profesional.

**Modo de empleo:** Antes de usar el producto léase detenidamente la etiqueta. No utilizar sobre alimentos ni utensilios de cocina. No podrá aplicarse en superficies donde se manipulen, preparen, o hayan de servirse o consumirse alimentos. Cumple la norma UNE EN 13697 en condiciones limpias. Antisépticos y desinfectantes químicos. Ensayo cuantitativo de superficie no porosa para la evaluación de la actividad bactericida y fungicida de los desinfectantes químicos utilizados en productos alimenticios, en la industria, en el hogar y en la colectividad. Cumple la norma UNE EN 13697 en condiciones sucias para fines específicos con los organismos de ensayo: Salmonella enterica, Salmonella cholerae suis y Listeria monocytogenes. Cumple la norma UNE EN 13697 en condiciones limpias para fines específicos con los organismos de ensayo: Penicillium purpogenum y Cladosporium cladosporoides. Antes de usar el producto ler atentamente el rótulo. No utilizar sobre alimentos nem utensilios de cocina. Não aplicar em superficies onde se manuseiam, preparam ou servem alimentos de consumo. Cumpra a norma UNE EN 13697 sobre condições de limpeza. Antissépticos e desinfetantes químicos. Fazer ensaio quantitativo de superfície não porosa para a avaliação da actividade bactericida e fungicida dos desinfetantes químicos utilizados nos produtos alimentícios, na indústria, em casa e na comunidade. Atende ao padrão UNE EN 13697 em condições sujas para fins específicos com os organismos de teste: Salmonella enterica, Salmonella cholerae suis e Listeria monocytogenes. Atende o padrão UNE EN 13697 em condições limpas para fins específicos com os organismos de teste: Penicillium purpogenum e Cladosporium cladosporoides. **Modo de empleo desinfección de contacto:** superficies y equipos mediante equipo de dosificación adecuado con el producto diluido en agua, respetando los tiempos de contacto. Antes de la aplicación de este producto, deberá realizarse una limpieza en profundidad. No mezclar con otros productos químicos. Incompatible con álcalis, agentes reductores, metales, iones metálicos, sustancias orgánicas y materiales inflamables. Se deberá realizar una prueba previa al tratamiento para verificar la compatibilidad del producto con los materiales. (Uso HA) **Modo de empleo desinfección de contacto:** La aplicación del producto en la industria alimentaria para uso en la desinfección de contacto: superficies y equipos habrá que llevarse a cabo en ausencia de alimentos. (Uso HA): Se tomarán todos los medios necesarios para que los alimentos, maquinarias o utensilios que sean manipulados en las superficies, los locales o instalaciones tratadas o expuestas previamente al mencionado producto no contengan residuos de ninguno de sus componentes. Para ello, deberán aclararse debidamente con agua de consumo las partes o superficies tratadas o expuestas antes de su utilización (Uso HA). Como usar a desinfección de contacto: superficies e equipamentos usando equipamento de dosagem adequada com o produto diluído em água, respeitando os tempos de contato. Antes da aplicação deste produto, uma limpeza completa deve ser realizada. Não se misture com outros produtos químicos. Incompatível com álcalis, agentes reductores, metais, íons metálicos, substâncias orgánicas e materiais inflamáveis. Um teste de pré-tratamento deve ser realizado para verificar a compatibilidade do produto com os materiais. (Uso HA) Como usar a desinfección de contacto: A aplicação do produto na indústria de alimentos para uso em desinfección por contato: superficies e equipamentos devem ser realizados na ausência de alimentos (Usar HA). máquinas ou utensilios que sejam manipulados em superficies, instalações ou instalações tratadas ou expostas anteriormente ao produto acima mencionado não contenham resíduos de nenhum dos seus componentes. Para fazer isso, as partes ou superficies tratadas ou expostas antes do uso devem ser devidamente esclarecidas com água potável (Usar HA).

**Características y forma de uso:** Desinfectante bactericida y fungicida para superficies y equipos. Uso después de la limpieza en industria alimentaria. Es biodegradable y adecuado para la desinfección en industrias de todo tipo, lácteos, cárnicos, mataderos, salas de despiece, cervceras, hortofrutícolas, plantas embotelladoras, salas de transformación y conservas, etc... Desinfectante bactericida y fungicida para superficies y equipamientos. Usar após a limpeza na indústria alimentaria. É biodegradável e adequado para a desinfección em todo tipo de indústrias. Possui actividade bactericida diluído a 0,1% frente a Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Staphylococcus aureus y enterococcus hirae. Possui actividade fungicida diluído a 1,25% frente a Candida albicans y Aspergillus Niger. Tem actividade bactericida diluído a 0,1% contra a Pseudomonas Aeruginosa, Escherichia Coli, Staphylococcus Aureus y Enterococcus Hirae. Tem actividade fungicida diluído a 1,25% contra a Candida Albicans y Aspergillus Niger. Puede usarse mediante pulverización, lavado, recirculación e inmersión con el producto previamente diluído en agua, entre un 0,1 y 2%. En caso de depósitos o circuitos de recirculación añadir al agua y dejar actuar 5-60 minutos. En ambos casos se recomienda enjuagar después con agua limpia. Use en explotaciones agrícolas. Mantenimiento de líneas de riego. Pode ser usado por pulverização, lavagem, recirculação e imersão com o produto previamente diluído em água, entre 0,1 e 2%. No caso de tanques ou circuitos de recirculação adicionar à água e deixar por 5-60 minutos. Em ambos casos, recomenda-se enxaguar depois com água limpa. Use em explorações agrícolas. Manutenção de linhas de irrigação. Consumir preferentemente 1 año antes de la fecha de envasado. Utilizar preferentemente antes de 1 año após a data da embalagem.

**Aspecto:** Líquido transparente. **Densidad/densidade:** 1,15±0,01g/cc. **Olor/odor:** Característico. **pH:** ácido.

**COMPOSICIÓN:** PERÓXIDO DE HIDRÓGENO/ Peróxido de hidrogénio, 23,6%. **ÁCIDO PERACÉTICO/ Ácido peracético** 15%. **Excipiente c.s.p./ Excipiente c.s.p.** 100%.

**Indicaciones de peligro:** ES: H290 - Puede ser corrosivo para los metales. H242 - Peligro de incendio en caso de calentamiento. H272 - Puede agravar un incendio, comburente. H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H335 - Puede irritar las vías respiratorias. H410 - Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. H302+H312+H332 - Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.

**Aspecto:** Líquido transparente. **Densidad/densidade:** 1,15±0,01g/cc. **Olor/odor:** Característico. **pH:** ácido.

**COMPOSICIÓN:** PERÓXIDO DE HIDRÓGENO/ Peróxido de hidrogénio, 23,6%. **ÁCIDO PERACÉTICO/ Ácido peracético** 15%. **Excipiente c.s.p./ Excipiente c.s.p.** 100%.

**Indicaciones de peligro:** ES: H290 - Puede ser corrosivo para los metales. H242 - Peligro de incendio en caso de calentamiento. H272 - Puede agravar un incendio, comburente. H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H335 - Puede irritar las vías respiratorias. H410 - Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. H302+H312+H332 - Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.

UFI code: 3600-WOPN-500X-4P4N

Química Industrial Mediterránea S.L.U.  
C/Rosa de los Vientos, 75, 29006, Málaga  
Tel: 952 041199, Fax: 952 329613  
www.quimicasihw.com / info@quimicasihw.com  
Fabricado por: Novadon ApS

# UN3109

ORGANIC PEROXIDE TYPE F, LIQUID  
(PEROXYACETIC ACID, TYPE F, stabilized).



PF: H290 - Puede ser corrosivo para los metales. H242 - Risco de incendio sob o aqueço do calor. H272 - Pode agravar incêndios, comburente. H314 - Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves. Pode provocar irritação das vias respiratórias. H410 - Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros. H302+H312+H332 - Nocivo por ingestão, contato com a pele ou inalação.

**Consejos de prudencia:** ES: P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otro fuente de ignición. No fumar. P220 Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles. P234 Conservar únicamente en el embalaje original. P271+P280 Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado. No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/ los vapores/ el aerosol. P273 Evitar su liberación al medio ambiente. P280 Llevar guantes/prendas/gafas de protección. P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGIA/médico. P363 Llevar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas. P391 Recoger el vertido. P403+P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente. P501 Eliminar el contenido/el recipiente conforme a la legislación vigente de tratamiento de residuos. PT: P210 Manter afastado do calor, superfícies quentes, faíscas, chamas abertas e outras fontes de ignição. Não fumar. P220 Manter afastado da roupa e de outros materiais combustíveis. P234 Manter na embalagem original. P271+P280 Utilizar unicamente em exteriores ou em lugares bem ventilados. Não respirar poeiras/fumos/gases/ névoas/vapores/aerossóis. P273 Evitar a libertação para o ambiente. P280 Usar luvas de proteção/roupa de proteção/proteção ocular. P310 Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS/ médico. P363 Lavar a roupa contaminada antes de a voltar a usar. P391 Recolher o produto derramado. P403+P233 Armazenar em local bem ventilado. Manter o recipiente bem fechado. P501 Eliminar o conteúdo/recipiente de acordo com a legislação em vigor quanto a tratamento de resíduos.

**Las manifestaciones clínicas que se pueden producir en caso de exposición y/o contacto son:** Quemaduras severas en ojos, piel, mucosas, tracto respiratorio y gastrointestinal con riesgo de ruptura de colon y embolismo gastrointestinal (bloqueo de los vasos sanguíneos por burbujas de aire). Convulsiones, coma, fallo cardíaco, edema pulmonar y colapso circulatorio. Quemaduras graves nos olhos, pele, membranas mucosas, trato respiratório e gastrointestinal com risco de ruptura do cólon e embolismo gastrointestinal (bloqueio dos vasos sanguíneos por bolhas de ar). Convulsões, coma, insuficiência cardíaca, edema pulmonar e colapso do sistema circulatorio.

**Medidas básicas de actuación:** Retire a la persona de la zona contaminada y quite la ropa manchada o salpicada. En contacto con los ojos, lavar con agua abundante al menos durante 15 minutos. No olvide retirar las lentillas. En contacto con la piel, lave con agua abundante y jabón, sin frotar. En caso de ingestión, NO provoque el vómito ni a administrar nada por vía oral. Mantenga al paciente en reposo y conserve la temperatura corporal. Controle la respiración. Si fuera necesario, respiración artificial. Si la persona está inconsciente, acuéstela de lado con la cabeza más baja que el resto del cuerpo y las rodillas semiflexionadas. Traslada al intoxicado a un centro hospitalario, y siempre que sea posible lleve la etiqueta o el envase. Remover a pessoa da área contaminada e remover toda a roupa contaminada. Em caso de contacto com os olhos, lavar com água abundantemente pelo menos durante 15 minutos. Retirar as lentes de contacto. Em caso de contacto com a pele, lavar com água abundantemente e sabão, sem esfregar. Em caso de ingestão, NÃO provoque o vômito e não tomar nada por via oral. Manter o paciente em repouso e manter a temperatura corporal. Controlar a respiração. Se for necessário, r,aspiração artificial. Se a pessoa está inconsciente, põ-la de lado com a cabeça mais baixa que o corpo e as joelhas dobradas. Levar o paciente para o hospital, e sempre que possível levar o rótulo da embalagem.

**NO DEJE SOLO AL INTOXICADO EN NINGÚN CASO / NUNCA DEIXAR A PESSOA INTOXICADA SOZINHA EM NENHUM MOMENTO.**  
**Consejos terapéuticos para médicos y personal sanitario:** En caso de ingestión, valorar la realización de endoscopia. En ausencia de lesiones administrar agua para diluir el Peróxido, úsese sonda nasogástrica para evitar el aumento de presión. **Contraindicación:** Lavado gástrico, Neutralización, Carbón activado y Jarabe de Ipecacuana. No neutralizar con Bicarbonato Sódico por riesgo de reacción exotérmica. Realizar radiografía de tórax y abdomen para evidenciar signos de embolismo o perforación. **Tratamiento sintomático y de soporte. Consejos terapéuticos para médicos y personal de salud:**em caso de ingestão, fazer endoscopia. Em ausência de lesões colocar água para diluir o PERÓXIDO, usar sonda nasogástrica para evitar o aumento de pressão. **Contraindicação:** Lavagem gástrica, Neutralização, Carvão ativado e xarope de Ipecacuana. Não neutralizar com Bicarbonato Sódico devido ao risco de reação exotérmica. Realizar radiografias ao tórax e abdômen para evidenciar sinais de embolismo e perfuração. Tratamento sintomático

**La adquisición, posesión o utilización por el público en general está restringida. SI SE NECESITA CONSEJO MÉDICO, MANTENGA A MANO LA ETIQUETA O EL ENVASE Y CONSULTAR AL SERVICIO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA. Teléfono 91 562 04 20 SE PRECISAR DE ACONSELHAMENTO MÉDICO, TER O RÓTULO DA EMBALAGEM À MÃO E CONSULTAR O SERVIÇO MÉDICO DE INFORMAÇÃO**

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).

Telefone: 808 250 143 (Portugal).



Contenido nominal:  
**22kg**  
BULTOS: 001 / 001  
LOTE: VER ENVASE

## ANEXO IV – Ficha técnica do substrato de germinação à base de turfa Kekkilä Professional®, DSM 05 W KS5 R7712.

			
Certificado de calidad			
<b>Kekkilä DSM 05 W KS5 R7712</b>			
<b>Componentes</b>			
Materia Prima:	Turba parda Sphagnum	Von Post:	H2-H4
Granulometria:	Fina	Cribado:	0-6 mm
Aditivos:	0.4 kg/m <sup>3</sup>	Carbonato cálcico KSS, NPK 7-5-24 / N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> · K <sub>2</sub> O 7-11-29 Agente humectante	<i>new formula</i>
<b>Información general</b>			
Humedad	50-65 %		(EN 13040)
Densidad aparente seca	75-105 g/l		(EN 13041)
Densidad aparente compactada laboratorio	180-230 g/l		(EN 13040)
<b>Propiedades químicas</b>			
<b>1 + 5 metodo (1 parte substrato + 5 partes agua)</b>			
pH	5.9	5.4-6.9	(EN 13037)
EC	16 mS/m	8-24 mS/m	(EN 13038)
<b>Pasta saturada (extracto)</b>			
pH	5.5	5.0-6.5	
EC	1.1 mS/cm	0.55-1.65 mS/cm	

# ANEXO V – Análise de águas provenientes do furo cartesiano.

Relatório Nº  
29798



Versão: 1.0

RECOLHA AMOSTRAS: 20/12/2024  
 ENTREGA AMOSTRAS: 20/12/2024  
 INÍCIO ENSAIO: 20/12/2024  
 CONCLUSÃO ENSAIO: 27/01/2025  
 EMISSÃO DO RELATÓRIO: 27/01/2025

Germiplanta, Lda.  
 Rua Principal nº34  
 Aroeira  
 2425-601 Monte Redondo

COLHIDO POR: Laboratório  
 IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: Águas de rega - À saída do furo

TIPO DE AMOSTRA: Água Natural Doce - Para Rega (D.L 235/98)

LOCAL DE COLHEITA: Instalações do cliente

ENSAIO / MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	U(exp)	VMR	VMA
Condutividade a 20°C NP EN 27888:1998	2,1e+2	µS/cm a 20 °C	± 10 %		
pH POG 26 Edição 4	6,0 a 20,2°C	Escala de Sorensen	± 0,2	6,5-8,4	4,5-9,0
Bicarbonatos POG 47 Edição 3	27	mg/L HCO3-	± 13 %		
Oxidabilidade (KMnO4) NP 731:1969	<1,5	mg/L O2	-		
Nitratos POG 14 Edição 14	55	mg/L NO3	± 14 %	50	
Azoto amoniacal POG 13 Edição 11	0,28	mg/L NH4	± 24 %		
Fósforo ** W-PTOT-SPC	<0,050	mg/L P	-		
Potássio * POG 31 Edição 8	7,3	mg/L K	-		
Cálcio POG 31 Edição 8	7,0	mg/L Ca	± 18 %		
Magnésio POG 31 Edição 8	4,6	mg/L Mg	± 14 %		
Enxofre ** W-METMSFX6	2,52	mg/l	± 10,0%		
Ferro ** W-METMSFX6	<0,0020	mg/L Fe	-	5,0	
Boro ** W-MESAPFX1	0,017	mg/L B	± 10,0%	0,3	3,75
Cobre ** W-METMSFX6	0,0040	mg/L Cu	± 10,0%		
Manganês POG 31 Edição 8	0,09	mg/L Mn	± 25 %		
Zinco ** W-METMSFX6	0,0179	mg/L Zn	± 10,0%		

ImpPG10.1 E18 (15/07/2024)

Página: 1 / 2

Globalab- Ensaios Químicos e Microbiológicos, SA - 2ª Casal da Lebre, Rua da Finlândia 46A, 2430-028 Marinha Grande. Tel 244 567 001 info@globalab.pt www.globalab.pt  
 Capital Social 200.000€ NIF 506 920 372 C.R.C.M.G. Nº 2509 Associado Nº 268 da Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal

Consulte o nosso  
 Política de Proteção de Dados, Política  
 Comercial e Termos e Condições Gerais.



**Relatório Nº**  
29798



Versão: 1.0

RECOLHA AMOSTRAS: 20/12/2024  
 ENTREGA AMOSTRAS: 20/12/2024  
 INÍCIO ENSAIO: 20/12/2024  
 CONCLUSÃO ENSAIO: 27/01/2025  
 EMISSÃO DO RELATÓRIO: 27/01/2025

Germiplanta, Lda.  
 Rua Principal nº34  
 Aroeira  
 2425-601 Monte Redondo

COLHIDO POR: Laboratório

TIPO DE AMOSTRA: Água Natural Doce - Para Rega (D.L 236/98)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: Águas de rega - À saída do furo

LOCAL DE COLHEITA: Instalações do cliente

ENSAIO / MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	U(exp)	VMR	VMA
Molibdénio ** W-METAXFX1	<0,0020	mg/L	-		
Sódio POG 31 Edição 8	20	mg/L Na	± 13 %		
Cloretos POG 29 Edição 4	9,3e+1	mg/L Cl	± 13 %	70	-
Alumínio ** W-METAXFX1	<0,010	mg/L	-		
Silício ** W-METAXFA6-2	3,94	mg/L	± 10,0%		

A declaração de conformidade dos resultados emitidos não contempla a incerteza.  
 A incerteza apresentada apenas contempla a componente analítica.

Directora Técnica  
 Drª Marina Costa

A amostragem efectuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Os parâmetros assinalados com (\*) não estão incluídos no âmbito da Acreditação do Globalab. Os parâmetros assinalados com (\*\*) são contratados e não incluídos no âmbito de acreditação do Globalab. Os ensaios assinalados com (\*\*\*) são contratados não acreditados e não incluídos no âmbito de acreditação do Globalab. Este boletim só pode ser reproduzido na totalidade.

Os resultados constantes neste Relatório referem-se exclusivamente à amostra e parâmetros analisados.

No caso de colheita efectuada pelo cliente, os resultados reportados aplicam-se à amostra conforme rececionada.

Assumem-se como verdadeiras e da inteira responsabilidade do cliente, os dados fornecidos relativos à sua identidade, tipo de amostra, dados e identificação dos itens analisados ou outra informação fornecida pelo cliente.

As opiniões ou pareceres expressos neste Relatório de Ensaio não estão incluídos no âmbito da acreditação. U(exp) - Incerteza - A medida da incerteza é expressa como incerteza expandida para um factor de K=2, representando um intervalo de confiança de 95%.

Os ensaios constantes deste Relatório são realizados nas instalações permanentes do Laboratório cuja morada está abaixo indicada. Os ensaios assinalados com 1) são realizados no "Local de colheita". Os valores do ensaio assinalados a negro não cumprem os critérios definidos pelas especificações do cliente.

Nota: < xx - Inferior ao limite de quantificação. POG xx" e "POM xx" e IT indica método interno do Laboratório. "SMEWW" indica "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", LD - Limite de Detecção; LQ - Limite de Quantificação; VMA - Valor Máximo Admitido; VMR - Valor Máximo Recomendado; UQ - Unidades Genómicas UFC - unidades formadoras de colónias; F = Factor de proteína; NE - Número Estimado; e - fator exponencial.

A designação "Azoto amoniacal" é equivalente a "Amónio". A designação "hidrocarbonetos Totais" é equivalente a "Óleos Minerais". A designação "Coliformes Termotolerantes" é equivalente a "Coliformes Fecais".

ImpPG10.1 E18 (15/07/2024)

Página: 2 / 2

Globalab - Ensaios Químicos e Microbiológicos, SA - 2) Casal da Leiria, Rua do Finlândia 48A, 2430-028 Marinhos Grande Tel 244 567 001 info@globalab.pt www.globalab.pt  
 Capital Social 200.000€ NIF 506 920 372 C.R.C.M.G. Nº 2509 Associado Nº 288 da Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal

Consulte a nossa  
 Política de Proteção de Dados, Política  
 Comercial e Termos e Condições Gerais.



## ANEXO VI – Resultados da ANOVA e Teste de Tukey na cultura do espinafre.

Anexo VI.1 – Resultados do teste de Levene para a igualdade das variâncias dos parâmetros CPA\_AR, CC\_AR, TE\_AR e PP\_AR.

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CPA_E	Based on Mean	1,500	3	16	0,252
CC_E	Based on Mean	4,829	3	16	0,014
PP_E	Based on Mean	1,257	3	16	0,322
In_TE_E	Based on Mean	0,939	3	16	0,445

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Conc

Anexo VI.2 – Resultados da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros (CPA\_AR, CC\_AR, TE\_AR e PP\_AR) em função da concentração de cobre.

Tests of Between-Subjects Effects						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Conc	CPA_AR	1,834	<b>3</b>	0,611	<b>1,880</b>	<b>0,174</b>
	CC_AR	0,749	<b>3</b>	0,250	<b>0,990</b>	<b>0,422</b>
	TE_AR	0,005	<b>3</b>	0,002	<b>0,092</b>	<b>0,964</b>
	PP_AR	0,174	<b>3</b>	0,058	<b>1,396</b>	<b>0,280</b>
Error	CPA_AR	5,204	<b>16</b>	0,325		
	CC_AR	4,036	<b>16</b>	0,252		
	TE_AR	0,320	<b>16</b>	0,020		
	PP_AR	0,666	<b>16</b>	0,042		
Total	CPA_AR	1195,920	20			
	CC_AR	85,990	20			
	TE_AR	0,690	20			
	PP_AR	38,818	20			

a. R Squared = .261 (Adjusted R Squared = .122)

b. R Squared = .157 (Adjusted R Squared = -.002)

c. R Squared = .017 (Adjusted R Squared = -.167)

d. R Squared = .207 (Adjusted R Squared = .059)

## ANEXO VII – Resultados da ANOVA e Teste de Tukey na cultura da alface verde.

Anexo VII.1 - Resultados do teste de Levene para a igualdade das variâncias dos parâmetros CPA\_AR, CC\_AR, TE\_AR e PP\_AR.

<b>Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup></b>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CPA_AV	Based on Mean	2,120	3	16	0,138
CC_AV	Based on Mean	0,846	3	16	0,489
TE_AV	Based on Mean	0,783	3	16	0,521
PP_AV	Based on Mean	0,979	3	16	0,427

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Conc

Anexo VII.2 – Resultados da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros (CPA\_AR, CC\_AR, TE\_AR e PP\_AR) em função da concentração de cobre.

<b>Tests of Between-Subjects Effects</b>						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Conc	CPA_AV	4,034	<b>3</b>	1,345	<b>2,870</b>	<b>0,069</b>
	CC_AV	0,078	<b>3</b>	0,026	<b>0,348</b>	<b>0,791</b>
	TE_AV	0,016	<b>3</b>	0,005	<b>0,688</b>	<b>0,572</b>
	PP_AV	0,765	<b>3</b>	0,255	<b>5,001</b>	<b>0,012</b>
Error	CPA_AV	7,496	<b>16</b>	0,469		
	CC_AV	1,188	<b>16</b>	0,074		
	TE_AV	0,124	<b>16</b>	0,008		
	PP_AV	0,816	<b>16</b>	0,051		
Total	CPA_AV	1018,310	20			
	CC_AV	122,790	20			
	TE_AV	0,340	20			
	PP_AV	62,725	20			

a. R Squared = .350 (Adjusted R Squared = .228)

b. R Squared = .061 (Adjusted R Squared = -.115)

c. R Squared = .114 (Adjusted R Squared = -.052)

d. R Squared = .484 (Adjusted R Squared = .387)

Anexo VII.3 – Resultados do teste de Tukey HSD para o parâmetro PP\_AV em diferentes concentrações de cobre.

<b>PP_AV</b>			
Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Conc	N	Subset	
		1	2
50	5	1,5580	
25	5	1,5660	
0	5	1,8520	1,8520
40	5		2,0180
Sig.		0,208	0,658

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = .051.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

## ANEXO VIII – Resultados da ANOVA e Teste de Tukey na cultura da alface roxa.

Anexo VIII.1 – Resultados do teste de Levene para a igualdade das variâncias dos parâmetros CPA\_AR, CC\_AR, TE\_AR e PP\_AR.

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CPA_AR	Based on Mean	1,479	3	16	0,258
CC_AR	Based on Mean	4,135	3	16	0,024
TE_AR	Based on Mean	0,447	3	16	0,723
PP_AR	Based on Mean	1,460	3	16	0,263

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Conc

Anexo VIII.2 – Resultados da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros (CPA\_AR, CC\_AR, TE\_AR e PP\_AR) em função da concentração de cobre.

Tests of Between-Subjects Effects						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Conc	CPA_AR	1,834	<b>3</b>	0,611	<b>1,880</b>	<b>0,174</b>
	CC_AR	0,749	<b>3</b>	0,250	<b>0,990</b>	<b>0,422</b>
	TE_AR	0,005	<b>3</b>	0,002	<b>0,092</b>	<b>0,964</b>
	PP_AR	0,174	<b>3</b>	0,058	<b>1,396</b>	<b>0,280</b>
Error	CPA_AR	5,204	<b>16</b>	0,325		
	CC_AR	4,036	<b>16</b>	0,252		
	TE_AR	0,320	<b>16</b>	0,020		
	PP_AR	0,666	<b>16</b>	0,042		
Total	CPA_AR	1195,920	20			
	CC_AR	85,990	20			
	TE_AR	0,690	20			
	PP_AR	38,818	20			

a. R Squared = .261 (Adjusted R Squared = .122)

b. R Squared = .157 (Adjusted R Squared = -.002)

c. R Squared = .017 (Adjusted R Squared = -.167)

d. R Squared = .207 (Adjusted R Squared = .059)

## ANEXO IX – Resultados da ANOVA e Teste de Tukey na cultura do pimento.

Anexo IX.1 – Resultados do teste de Levene para a igualdade das variâncias dos parâmetros CPA\_AR, CC\_AR e PP\_AR.

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CPA_P	Based on Mean	2,868	3	16	0,069
CC_P	Based on Mean	0,962	3	16	0,435
PP_P	Based on Mean	6,658	3	16	0,004

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Conc

Anexo IX.2 – Resultados da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros (CPA\_AR, CC\_AR e PP\_AR) em função da concentração de cobre.

Tests of Between-Subjects Effects						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Conc	CPA_P	6,050	<b>3</b>	2,017	<b>4,049</b>	<b>0,026</b>
	CC_P	0,345	<b>3</b>	0,115	<b>1,318</b>	<b>0,303</b>
	PP_P	0,155	<b>3</b>	0,052	<b>2,750</b>	<b>0,077</b>
Error	CPA_P	7,968	<b>16</b>	0,498		
	CC_P	1,398	<b>16</b>	0,087		
	PP_P	0,302	<b>16</b>	0,019		
Total	CPA_P	2624,630	20			
	CC_P	415,430	20			
	PP_P	26,199	20			

a. R Squared = .432 (Adjusted R Squared = .325)

b. R Squared = .198 (Adjusted R Squared = .048)

c. R Squared = .340 (Adjusted R Squared = .216)

Anexo IX.3 – Resultados do teste de Tukey HSD para o parâmetro CPA\_P em diferentes concentrações de cobre.

CPA_P			
Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Conc	N	Subset	
		1	2
0	5	10,5000	
25	5	11,5200	11,5200
40	5		11,8200
50	5		11,8600
Sig.		0,143	0,870

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = .498.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

## ANEXO X – Resultados da ANOVA e Teste de Tukey na cultura da courgette.

Anexo X.1 – Resultados do teste de Levene para a igualdade das variâncias dos parâmetros CPA\_AR, CC\_AR e PP\_AR.

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CPA_C	Based on Mean	1,581	3	16	0,233
CC_C	Based on Mean	1,163	3	16	0,354
PP_C	Based on Mean	0,994	3	16	0,421

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Conc

Anexo X.2 – Resultados da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros (CPA\_AR, CC\_AR e PP\_AR) em função da concentração de cobre.

Tests of Between-Subjects Effects						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Conc	CPA_C	1,356	<b>3</b>	0,452	<b>1,887</b>	<b>0,172</b>
	CC_C	0,362	<b>3</b>	0,121	<b>0,667</b>	<b>0,585</b>
	PP_C	0,040	<b>3</b>	0,013	<b>0,505</b>	<b>0,684</b>
Error	CPA_C	3,832	<b>16</b>	0,240		
	CC_C	2,896	<b>16</b>	0,181		
	PP_C	0,427	<b>16</b>	0,027		
Total	CPA_C	1436,620	20			
	CC_C	720,860	20			
	PP_C	110,494	20			

a. R Squared = .261 (Adjusted R Squared = .123)

b. R Squared = .111 (Adjusted R Squared = -.056)

c. R Squared = .086 (Adjusted R Squared = -.085)

**ANEXO XI – Resultados das ANOVAs sem repetição para os parâmetros do substrato.**

Anexo XI.1 – Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro do pH.

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	28,2	5,64	0,058
25	5	28,3	5,66	0,073
40	5	28,2	5,64	0,068
50	5	28,4	5,68	0,032
E	4	22	5,5	0
AV	4	22	5,5	0,02
AR	4	23,5	5,875	0,015833
P	4	23,5	5,875	0,015833
C	4	22,1	5,525	0,0425

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	0,0055	3	0,001833	0,079422	<b>0,969943924</b>	3,490295
Colunas	0,647	4	0,16175	7,00722	0,003775362	3,259167
Erro	0,277	12	0,023083			
Total	0,9295	19				

Anexo XI.2 - Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro da condutividade elétrica (CE).

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	1,36	0,272	0,01582
25	5	1,35	0,27	0,01845
40	5	1,4	0,28	0,02075
50	5	1,38	0,276	0,01648
E	4	0,98	0,245	0,0011
AV	4	0,74	0,185	0,000167
AR	4	0,69	0,1725	0,000158
P	4	2	0,5	0,0002
C	4	1,08	0,27	0,000267

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	0,000295	3	9,83E-05	0,219331	<b>0,881107</b>	3,490295
Colunas	0,28062	4	0,070155	156,4796	3,05E-10	3,259167
Erro	0,00538	12	0,000448			
Total	0,286295	19				

Anexo XI.3 – Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro do Cálcio (Ca).

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	1211	242,2	2397,2
25	5	1210	242	3901,5
40	5	1247	249,4	3508,3
50	5	1306	261,2	3518,7
E	4	977	244,25	918,25
AV	4	879	219,75	268,9167
AR	4	774	193,5	123,6667
P	4	1345	336,25	44,25
C	4	999	249,75	1390,917

<i>ANOVA</i>						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	1219,4	3	406,4667	0,694953	<b>0,572678765</b>	3,490295
Colunas	46284,2	4	11571,05	19,78352	3,23662E-05	3,259167
Erro	7018,6	12	584,8833			
Total	54522,2	19				

Anexo XI.4 – Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro do Magnésio (Mg).

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	149	29,8	85,7
25	5	158	31,6	110,3
40	5	162	32,4	185,3
50	5	169	33,8	133,7
E	4	122	30,5	24,33333
AV	4	108	27	2
AR	4	92	23	12,66667
P	4	201	50,25	10,91667
C	4	115	28,75	48,25

<i>ANOVA</i>						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	41,8	3	13,93333	0,661654	<b>0,591310377</b>	3,490295
Colunas	1807,3	4	451,825	21,45588	2,13441E-05	3,259167
Erro	252,7	12	21,05833			
Total	2101,8	19				

Anexo XI.5 – Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro do cobre (Cu).

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	5,88	1,176	0,11943
25	5	10,61	2,122	0,36977
40	5	10,62	2,124	0,71093
50	5	12,04	2,408	0,73267
E	4	11,1	2,775	0,564166667
AV	4	5,71	1,4275	0,071491667
AR	4	5,07	1,2675	0,067158333
P	4	8,27	2,0675	0,390625
C	4	9	2,25	0,900466667

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	4,342375	3	1,447458	10,59535792	<b>0,001086625</b>	3,490295
Colunas	6,09185	4	1,522963	11,14804648	0,000520633	3,259167
Erro	1,63935	12	0,136613			
Total	12,073575	19				

Anexo XI.6 – Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro do potássio (K).

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	593	118,6	2639,8
25	5	558	111,6	2443,3
40	5	593	118,6	3989,3
50	5	528	105,6	2151,8
E	4	595	148,75	207,5833333
AV	4	228	57	42
AR	4	228	57	51,33333333
P	4	590	147,5	361
C	4	631	157,75	178,9166667

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	590	3	196,6667	1,221216041	<b>0,344445</b>	3,490295
Colunas	42964,3	4	10741,08	66,6974903	4,29E-08	3,259167
Erro	1932,5	12	161,0417			
Total	45486,8	19				

Anexo XI.7 – Resultados da ANOVA de fator duplo sem repetição para o parâmetro do fósforo (P).

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
0	5	79,64	15,928	222,441
25	5	77,79	15,558	200,5663
40	5	72,64	14,528	112,8985
50	5	80,58	16,116	205,7886
E	4	37,62	9,405	12,2883
AV	4	22,6	5,65	1,697
AR	4	17,37	4,3425	0,339092
P	4	103,33	25,8325	14,19969
C	4	129,73	32,4325	93,41123

<i>ANOVA</i>						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Linhas	7,532815	3	2,510938	0,084101	<b>0,967415707</b>	3,490295
Colunas	2608,505	4	652,1262	21,84231	1,94634E-05	3,259167
Erro	358,2731	12	29,85609			
Total	2974,311	19				

## ANEXO XII – Escala de Von Post para a classificação de substratos.

Grau	Descrição resumida	Características principais
H1	Não decomposta	Turfa fibrosa, quase todos os restos vegetais reconhecíveis; quando espremida liberta apenas água clara.
H2	Muito fracamente decomposta	Maioria dos restos vegetais reconhecíveis; água exprimida é quase clara, ligeiramente turva.
H3	Fracamente decomposta	Restos vegetais ainda reconhecíveis; água exprimida é castanho-clara.
H4	Moderadamente decomposta	Restos vegetais parcialmente reconhecíveis; água exprimida é castanha.
H5	Medianamente decomposta	Metade dos restos vegetais ainda reconhecíveis; água exprimida é castanho-escura e turva.
H6	Bastante decomposta	Apenas alguns restos vegetais reconhecíveis; massa orgânica mais plástica; água exprimida é castanho-escura.
H7	Fortemente decomposta	Muito poucos restos vegetais reconhecíveis; turfa pegajosa; pouca água escorre, mas é muito escura.
H8	Muito fortemente decomposta	Restos vegetais dificilmente reconhecíveis; massa orgânica viscosa; quase sem água livre.
H9	Quase completamente decomposta	Nenhum resto vegetal reconhecível; turfa pastosa, estrutura quase perdida.
H10	Completamente decomposta	Massa homogénea e amorfa, preta; sem restos vegetais reconhecíveis; nenhuma água escorre.

Adaptado de: (Von Post, 1922)