

Pedro João Baço Vicente Diogo Estrela

A sobrevivência de plantas de medronheiro em condições de stresse hídrico (simulação em viveiro):

Comparação entre o Controlo e Diferentes tratamentos com
hidroretentores (orgânico vs químico), micorrizas e fertilização

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de mestre em Recursos Florestais.

Orientador interno: Professora Doutora Maria Filomena Figueiredo Nazaré Gomes

Orientador externo: Doutora Ana Carina Tavares Quintela dos Santos

Pedro João Baço Vicente Diogo Estrela

A sobrevivência de plantas de medronheiro em condições de stresse hídrico (simulação em viveiro):

Comparação entre o Controlo e Diferentes tratamentos com hidroretentores (orgânico vs químico), micorrizas e fertilização

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Recursos Florestais.

Orientador interno: Professora Doutora Maria Filomena Figueiredo Nazaré Gomes

Orientador externo: Doutora Ana Carina Tavares Quintela dos Santos

Coimbra, 2025

Financiamento

Este trabalho teve o apoio financeiro da União Europeia – NextGenerationEU, no âmbito do PRR – Plano de Recuperação e Resiliência, AAC n.º 01/C05-i01/2021 - Agendas para a Inovação Empresarial, projeto n.º 34 TRANSFORM - Transformação digital do setor florestal para uma economia mais resiliente e hipocarbónica - WP1-P1.1. Melhoramento genético e materiais florestais de reprodução.

Os ensaios foram desenvolvidos a ESAC em colaboração com o Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS).

Os Polímeros testados neste trabalho foram gentilmente cedidos pela GREEN-TECH NOVATION.



Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração de um conjunto de pessoas.

Em primeiro lugar, agradecer aos meus pais que em tudo são as minhas referências, os meus pilares, os meus mais que tudo. Em tudo estiveram presentes, em todos os momentos da minha vida pessoal, académica e profissional, sempre me apoiaram, deram os melhores conselhos, deram-me todo o carinho e apoio necessário para que tudo fosse possível. A eles dedico este relatório. A eles, uma palavra, **OBRIGADO**.

A toda a minha família deixo também o meu agradecimento, por toda a preocupação e por sempre acreditarem em mim.

À minha namorada Joana, por todos os dias estar presente, por saber lidar com o meu feitio, por me apoiar nas minhas decisões e por me ajudar a enfrentar os mais diversos obstáculos.

À minha Orientadora Interna, Professora Doutora Filomena Gomes, que sempre demonstrou uma total disponibilidade, uma amizade e um cuidado para que tudo corresse bem. Que em todos os problemas via uma solução, tornando o modo de aprendizagem dinâmico e prático. Não apenas neste momento do meu percurso académico, mas sim nos seis anos que passei pela ESAC.

Ao Luciano e à Ana pela ajuda na realização dos ensaios e acompanhamento de todos os ensaios.

A todo o pessoal docente e não docente da Escola Superior Agrária de Coimbra, por fazerem deste estabelecimento uma referência.

Às amigas que ganhei nestes anos académicos, destacando o João Vaz e o Tiago Santos que sempre estiveram ao meu lado.

A todos os que passaram pela minha vida, e que de uma forma mais ou menos direta tiveram algum tipo de influência no meu percurso.

O meu muito obrigado a todos.

Resumo

O medronheiro (*Arbutus unedo* L.), espécie autóctone de reconhecida resiliência a condições ambientais adversas e à propagação de incêndios florestais, assume particular importância em territórios de montanha e zonas interiores. Com o agravamento das condições climáticas, nomeadamente a intensificação dos períodos de seca estival, torna-se imperativo testar estratégias que promovam a sobrevivência e o vigor das plantas em viveiro, com vista à sua posterior instalação em campo. Neste contexto, foi conduzido um ensaio no viveiro florestal da Escola Superior Agrária de Coimbra, entre abril e julho de 2023, sem recurso a rega ou proteção por sombra, com 13 tratamentos distintos aplicados a um total de 195 plantas provenientes do mesmo progenitor, utilizando um substrato de textura leve.

Os tratamentos incidiram sobre a aplicação de diferentes tipos de micorrizas (ectomicorrizas, endomicorrizas e caldo esporal de *Pisolithus tinctorius*), combinados com hidroretentores (orgânico – Polyter, e químico – G300) e, em alguns casos, com a adição suplementar de fósforo (25% da dose aplicada no controlo). A avaliação incluiu parâmetros fisiológicos quinzenais e, no final do ensaio, a análise do sistema radicular. Os resultados mais promissores, quer ao nível da sobrevivência ($80,0 \pm 10,7\%$), quer em termos de turgidez foliar e teor de clorofila, foram observados na combinação do caldo esporal com o hidroretentor químico. A adição de fósforo não revelou benefícios adicionais. Estes dados sustentam a continuidade da investigação em condições de campo, atualmente em curso, para validação dos efeitos a longo prazo em crescimento e fisiologia da planta.

Palavras-chave: *Arbutus unedo*, carpóforo, *Pisolithus tinctorius*, sobrevivência

Abstract

The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.), a native species known for its resilience to harsh environmental conditions and resistance to wildfire propagation, plays a key role in mountainous and inland regions. Given the increasing severity of climatic conditions, particularly the intensification of summer droughts, it is crucial to evaluate strategies that enhance plant survival and vigor in nursery settings prior to field establishment. In this context, an experiment was conducted at the Forest Nursery of the Escola Superior Agrária de Coimbra between April and July 2023, under conditions without irrigation or shading, comprising 13 different treatments applied to a total of 195 plants from the same progenitor line, using a light-textured substrate.

The treatments focused on the application of various types of mycorrhizae (ectomycorrhizae, endomycorrhizae, and spore suspension of *Pisolithus tinctorius*), combined with water-retaining agents (organic – Polyter, and synthetic – G300), and, in some cases, supplemented with phosphorus (25% of the dose used in the control). Physiological parameters were assessed biweekly, and root system analyses were conducted at the end of the trial. The most promising results, in terms of both survival rate ($80.0 \pm 10.7\%$) and physiological indicators such as leaf turgor and chlorophyll content, were obtained from the combination of the spore suspension and the synthetic water-retaining agent. The addition of phosphorus did not show any additional benefit. Based on these results, field trials have been initiated to further assess survival, growth, and physiological responses under real environmental conditions.

Keywords: *Arbutus unedo*, sporocarp, *Pisolithus tinctorius*, survival

Índice

Agradecimentos.....	IV
Resumo	V
Abstract.....	VI
Lista de figuras.....	IX
Lista de tabelas.....	X
Lista de siglas e abreviaturas	XI
1. Introdução	1
1.1. O medronheiro	1
1.2. Distribuição geográfica.....	2
1.3. Importância ecológica e económica.....	3
1.4. Alterações climáticas e respetiva adaptação do medronheiro	4
1.5. Micorrizas	5
1.6. <i>Pisolithus tinctorius</i>	6
1.7. Polímeros	7
1.8. Objetivos.....	8
2. Material e Métodos	9
2.1. Material Vegetal	9
2.2. Micorrizas	9
2.3. Polímeros	11
2.4. Fertilizantes.....	11
2.5. Substrato	12
2.6. Tratamentos	13
2.7. Instalação	16
2.8. Avaliação do acréscimo em altura e de parâmetros fisiológicos.....	17
2.9. Dados Climáticos.....	19
2.10. Análise Estatística.....	20
3. Resultados e discussão.....	21
3.1. Variáveis climáticas.....	21
3.2. Acréscimo médio de altura	22
3.3. Sobrevivência.....	23
3.4. Parâmetros fisiológicos.....	26
3.5. Clorofila, flavonoides, antocianinas e NBI.....	29

3.6.	Avaliação do sistema radicular	31
4.	Considerações Finais	32
5.	Referências Bibliográficas	33
6.	Anexos	35

Lista de figuras

Figura 1. Folha de medronheiro	1
Figura 2. Distribuição geográfica do medronheiro.....	2
Figura 3. Derivados do medronho	3
Figura 4. Morte da copa (foliar) - consequências de onda de calor observada em agosto de 2022.	4
Figura 5. <i>Pisolithus tinctorius</i>	6
Figura 6. Polímero com retenção de água (esquerda) e polímero seco (direita).....	7
Figura 7. Exemplares do progenitor JF2	9
Figura 8. Embalagens de ECTOPLANT e ENDOPLANT	10
Figura 9. Caldo esporal de <i>Pisolithus tinctorius</i>	10
Figura 10. Substrato - hidratação do substrato.....	12
Figura 11. Controlo e tratamentos Ta1, Ta2, Ta3 e Ta4 e distribuição das plantas em caixas.....	14
Figura 12. Comparação entre temperatura média do ar e evapotranspiração durante o período do ensaio no exterior	21
Figura 13. Acréscimo médio em altura ao fim de 15 dias em aclimação e 15 dias no exterior por cada tratamento	22
Figura 14. Acréscimo médio em altura ao fim de 15 dias em aclimação e 15 dias no exterior por cada tratamento	22
Figura 15. Sobrevivência ao longo do período de observação (21 de abril a 22 de julho)	23
Figura 16. Média de sobrevivência por tratamento ao longo do período de observação	24
Figura 17. Sobrevivência média registada ao longo do período de observação (média $\pm$ erro padrão; 28 de abril a 22 de julho, 92 dias após a instalação).....	25
Figura 18. Somatório dos parâmetros fisiológicos por tratamento ao fim do período do ensaio	27
Figura 19. Média do somatório dos parâmetros fisiológicos observados por medição	28
Figura 20. Clorofila ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)	29
Figura 21. Flavonoides ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)	29
Figura 22. Antocianinas ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)	30
Figura 23. Índice de Nitrogénio Equilibrado (NBI) ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)	30
Figura 24. Presença de ectomicorrizas no tratamento Ta9 no final do período de observação (92 dias); a planta sem sintomas de stresse hídrico; a presença de hidrotentor visivelmente hidratado e associado às raízes e substrato	31

Lista de tabelas

Tabela 1. Caracterização dos tratamentos	13
Tabela 2. Distribuição dos tratamentos por caixa e por bloco.....	16
Tabela 3. Distribuição das espécies por fila, bloco e caixa	16
Tabela 4. Exemplos da avaliação dos parâmetros fisiológicos	18

Lista de siglas e abreviaturas

ESAC - Escola Superior Agrária de Coimbra

LED - Light Emitting Diode (Díodo que emite luz)

MRF - Mestrado em Recursos Florestais

NBI - Índice de Nitrogénio Equilibrado

1. Introdução

1.1. O medronheiro

O medronheiro (*Arbutus unedo* L.) é uma planta pertencente à família *Ericaceae* e ao género *Arbutus*, contendo mais de dez espécies, entre as quais, quatro podem ser encontradas na área geográfica da bacia do Mediterrâneo e sete no ocidente da América do Norte (Gomes, et al., 2018).

Pertencendo à flora autóctone, a mesma desenvolve-se espontaneamente em diversas zonas de Portugal, sendo utilizada na compartimentação da paisagem, na proteção contra fatores abióticos (incêndios) e bióticos (pragas) (Gomes, et al., 2017).

Trata-se de um arbusto que pode atingir o porte arbóreo, não excedendo geralmente os 5 a 12 metros. Possui folhas “lauróides” lustrosas, perenes, largas (Figura 1) e adaptadas a temperaturas elevadas e a uma atmosfera húmida, contudo, apresentam uma menor resistência a geadas e excessivo stresse hídrico (Gomes, et al., 2018).



Figura 1. Folha de medronheiro

1.2. Distribuição geográfica

Preferencialmente, a espécie desenvolve-se em climas temperados, com invernos suaves e poucos dias com temperaturas baixas. As regiões onde a temperatura média anual é superior a 12,5°C, são onde ocorrem os melhores desenvolvimentos (Jardim Botânico da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2024).

Trata-se de uma espécie mais comum da Bacia do Mediterrâneo (Figura 2), sendo vulgar a ocorrência em Portugal, Espanha, França, sul de Itália, sul da Grécia, quase todas as ilhas mediterrâneas, Ilhas Canárias, Irlanda e Israel (Correia & Oliveira, 2002).



Figura 2. Distribuição geográfica do medronheiro.
Fonte: Caudullo et al. (2017)

Independentemente da natureza química do solo, vegeta melhor em solos de profundidade moderada (Cambissolos). Cresce em solos derivados de rochas siliciosas, como o caso dos granitos, grauvaques, arenitos, paleodunas, areias e a maioria dos xistos, ou mesmo em solos de origem calcária, em condições de descarbonatação da solução do solo sob precipitações mais elevadas (Gomes, et al., 2018).

1.3. Importância ecológica e económica

A espécie adapta-se com facilidade aos diferentes tipos de solo, incluindo os solos mais delgados e de baixa fertilidade, vulgarmente denominados por solos florestais (Litossolos e Leptossolos), dada a sua principal utilização. Contribui igualmente para a estabilização dos solos, retenção da água, diminuição do risco de erosão e aumento da biodiversidade e matéria orgânica dos solos. O facto de ser uma das primeiras espécies a regenerar e recolonizar após incêndios, faz com que seja uma das eleitas nos programas de reflorestação e em medidas de prevenção, como em faixas de proteção (Gomes, et al., 2018).

Tradicionalmente, o medronho é muito apreciado na produção de aguardentes e licores, contudo outras finalidades são cada vez mais aplicadas. O caule e raízes são usados na produção de carvão e as folhas e casca utilizadas para curtir peles, uma vez que são ricas em taninos (Biodiversidade, 2024).

Para além das finalidades mencionadas, o medronho possui outras potencialidades, nomeadamente para consumo em fresco, desidratado, em polpas, confitados, gomas e fermentos (Figura 3) (Gomes, et al., 2018).



Figura 3. Derivados do medronho

Fonte: Gomes, et. al. (2018)

1.4. Alterações climáticas e respetiva adaptação do medronheiro

O clima é o resultado da média das variáveis meteorológicas de uma determinada região, como a temperatura e a precipitação, ao longo de um largo período temporal, podendo atingir os milhões de anos. As alterações climáticas são o resultado das diferenças estatísticas dessas variáveis, medidas em diferentes períodos, geralmente 30 anos para a respetiva região (APA, 2024).

As consequências mais comuns são o aquecimento originando a subida do nível médio das águas do mar, os períodos de precipitação intensa cada vez mais frequente e as ondas de calor e secas mais extremas. Estas consequências impactam de forma direta na sociedade, ambiente e até na economia mundial.

No que diz respeito às questões ambientais, destacam-se os efeitos diretos na flora através dos longos períodos de seca (Figura 4) aliados às inundações e incêndios florestais, distúrbios que influenciam diretamente a presença e distribuição das espécies.



Figura 4. Morte da copa (foliar) - consequências de onda de calor observada em agosto de 2022.

Fonte: Beatriz Fidalgo

Sendo esta uma espécie resiliente à secura do solo e da atmosfera, e às temperaturas elevadas na época estival, com resistência ativa aos incêndios florestais e com importante contributo para a matéria orgânica do solo (folhada com relação C/N elevada), é interessante para a fileira analisar quais as melhores proveniências e tratamentos para a cultura, de forma que a aumente a taxa de sobrevivência e posterior instalação e produção.

1.5. Micorrizas

As micorrizas são associações simbióticas entre fungos e o sistema radicular das plantas. Estas associações são benéficas, pois o fungo facilita a absorção de água e nutrientes à planta, enquanto a planta fornece ao fungo hidratos de carbono produzidos através da fotossíntese. As mesmas melhoram a resistência das plantas a condições adversas, aumentando a sua sobrevivência.

As micorrizas podem ser classificadas em diferentes tipos com base na estrutura da associação, características do fungo e planta hospedeira.

Os dois principais tipos de micorrizas são os seguintes:

Ectomicorrizas: onde o fungo forma o micélio constituído por hifas que envolvem as raízes da planta, não penetrando nas células das raízes, estando as hifas presentes na raiz, no espaço intercelular designado por rede de Hartig.

Endomicorrizas: onde as hifas penetram nas células do parênquima das raízes formando arbúsculos e vesículas, ricas em lípidos de reserva. Os fungos que originam este tipo de micorrizas têm um grande valor para a agricultura, aumentando a absorção de nutrientes pela planta, em particular do fósforo. No caso do medronheiro formam-se micorrizas Arbutóides, do tipo ecto-endomicorriza, caracterizadas pela formação de micélio no exterior na raiz (manto) e pela penetração das hifas do fungo unicamente na primeira camada de células da raiz.

1.6. *Pisolithus tinctorius*

O *Pisolithus tinctorius* (Figura 5) é um fungo da família Sclerodermataceae, conhecido vulgarmente por “bufa-de-lobo” e “bufa-de-velha”. O carpóforo apresenta uma forma globular e recoberto por uma camada viscosa. São muitas vezes utilizados nas misturas produtoras de micorrizas como estimulantes do desenvolvimento radicular (BioDiversity4All, 2025).

É um fungo que estabelece ectomicorrizas como uma variedade de espécies florestais e micorrizas Arbutóides com o medronheiro (Gomes, et al. 2016).



Figura 5. *Pisolithus tinctorius*
Fonte: Ana Quintela

1.7. Polímeros

Os polímeros permitem a absorção de água. No âmbito deste trabalho foram testados dois tipos de polímeros: 1) copolímero fertilizante – polímero orgânico, construído com uma camada de celulose e com nutrientes na concentração 10:10:10 (N;P;K); e 2) polímero químico (hidroretentor) à base de poliacrilamida, constituinte base do hidrogel. Em termos económicos, o polímero químico é mais vantajoso.

Este polímero orgânico (Figura 6) possui uma membrana que permite uma absorção muito rápida o que permite reter até 500 vezes o seu volume em seco, formando nódulos em forma de “gel” em torno do sistema radicular.

É considerado um retentor hídrico com alta capacidade de otimização das necessidades das plantas, uma vez que liberta lentamente de acordo com os parâmetros como temperatura, evapotranspiração e tipo de planta.

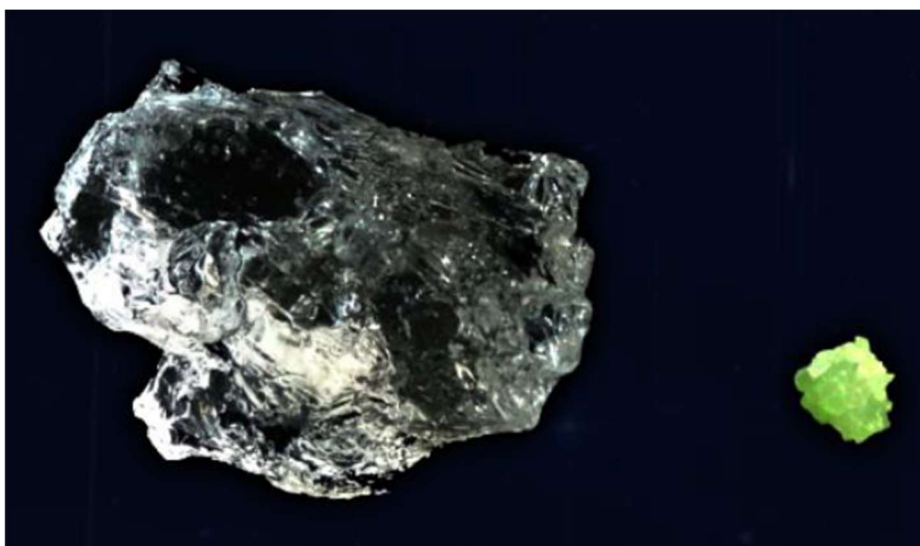


Figura 6. Polímero com retenção de água (esquerda) e polímero seco (direita)

Fonte: <https://polyter.com/en/>

1.8. Objetivos

Devido às alterações climáticas, um dos desafios do setor passa pelo sucesso das plantações no que respeita à taxa de sobrevivência, uma vez que o período para a plantação é cada vez mais curto e os períodos de seca são maiores. Assim, o objetivo deste trabalho consistiu na avaliação de alternativas que possam ter potencial para reduzir o efeito do stress hídrico a que as jovens plantas de medronheiros estão sujeitas à plantação no campo.

Assim, foi instalado um ensaio no viveiro florestal da Escola Superior Agrária de Coimbra, sem rega nem rede de sombra, entre os dias 21 de abril a 22 de julho de 2023 em blocos completos e casualizados (13 tratamentos). Foi utilizado um substrato de textura grosseira recolhido na zona de Cantanhede e foram testados os 13 tratamentos comparados com o controlo (prática operacional). O controlo consistiu na aplicação ao fundo da cova de um adubo de libertação controlada (N:P:K, 14:12:9 +3MgO+0.1B; 8-9 meses) na razão de 30 g/planta e fósforo (superfosfato 18%) misturado no substrato (75g/planta).

Para avaliar o efeito das micorrizas no aumento da tolerância ao stresse hídrico foram comparadas duas soluções comerciais de micorrizas (ectomicorrizas e endomicorrizas) com o caldo esporal de *Pisolithus tinctorius*. A este conjunto de tratamentos com micorrizas foi avaliado o efeito da adição do polímero fertilizante (seco, sem prévia hidratação na razão de 2g/planta) vs hidroretentor (polímero químico G300 adicionado nas mesmas condições) e, ainda, a adição à modalidade de hidroretentor de superfosfato 18% na razão de 25% da quantidade aplicada no controlo.

2. Material e Métodos

2.1. Material Vegetal

O material vegetal utilizado no ensaio foi proveniente do pomar produtor de sementes certificado pelo ICNF no Registo Nacional de Materiais de Base (RNMB) na categoria de qualificado, tendo sido utilizadas plantas do progenitor JF2 (Figura 7). O terem sido utilizadas plantas de um único progenitor teve como objetivo eliminar ou reduzir a variância devido ao genótipo.

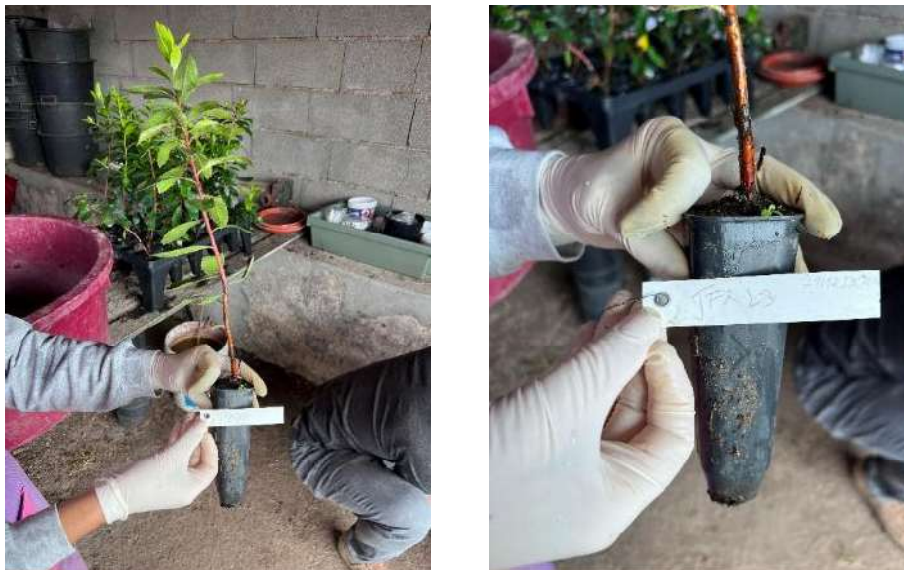


Figura 7. Exemplos do progenitor JF2

As plantas estavam em tubetes individuais com um volume de 250 cm³ e apresentavam uma altura média de $33,9 \pm 0,47$ cm. Para a instalação do ensaio as plantas foram transplantadas para vasos com um volume de 2,8L.

2.2. Micorrizas

Foram utilizadas duas soluções comerciais de micorrizas (Figura 8), como fertilizantes biológicos a referir de ectomicorrizas, o ECTOPLANT (Anexo I) e de endomicorrizas ENDOPLANT (Anexo II) ambos sob a forma de comprimidos, comercializados pela MICOFORA (Barcelona, Espanha).

O ECTOPLANT, como géneros e espécies de fungos ectomicorrízicos contem *Rhizopogon* spp., *Pisolithus tinctorius*, *Scleroderma verrucosum* e *Suillus* spp., ao passo que o ENDOPLANT possui *Glomus intraradices* e *Glomus mosseae*. No ECTOPLANT é

referido como contendo 2×10^6 esporos/unidade viáveis. No ENDOPLANT é referido como um número superior a 1000 propágulos por unidade sob a forma de esporos, e fragmentos de micélio.

Ambas as embalagens foram mantidas em lugar seco e fresco para conservação (período de conservação de 6 a 18 meses).



Figura 8. Embalagens de ECTOPLANT e ENDOPLANT

Na preparação do caldo esporal, foram utilizados carpóforos de *Pisolithus tintctorius* em fechados, sendo posteriormente suspensos em água na proporção de 300g/L e triturados com recurso a uma varinha mágica (Figura 9). Os carpóforos foram provenientes de um povoamento de eucalipto da região de Abrantes.



Figura 9. Caldo esporal de *Pisolithus tintctorius*

2.3. Polímeros

Foram testados dois tipos de polímeros, um orgânico fertilizado com celulose (Copolymer fertilisant 10:10:10) e o polímero químico (Hidroretentor G300), gentilmente cedidos pela GreenTech, ambos foram aplicados não hidratados na quantidade de 2g por planta, de acordo com os resultados descritos por Vieira et al. (2023). Os autores observaram que a aplicação do polímero previamente hidratado comparativamente à aplicação em seco, não apresentava diferenças significativas nem de sobrevivência, nem de acréscimo em altura desde que fossem garantidas condições de humidade (rega ou precipitação no campo) durante uma semana. A aplicação dos polímeros em seco apresenta enormes vantagens operacionais, em termos económicos e financeiros. No entanto, Pereira (2024) mostrou, para o caso do eucalipto, que a aplicação de polímeros, sem prévia hidratação, deve ser realizada em solo húmido, após ocorrência das primeiras chuvas e, ainda, com rega à instalação (2L/planta). Este estudo mostrou que as plantas toleram posteriormente dois meses de período seco. O autor alerta também para uma interação negativa entre os polímeros, em particular quando aplicados secos, com o adubo de libertação controlada (*Agroblen*), mais evidente sem rega à instalação. Num estudo preliminar realizado com plantas de medronheiro, a maior sobrevivência foi observada no tratamento com ectomicorrizas (unidade comercial, Ectoplant) com a aplicação de polímero hidratado ao fundo da cova, seguido pelo tratamento com polímero hidratado ao fundo da cova (Moreira, 2022).

2.4. Fertilizantes

No controlo foi aplicada a fertilização utilizada em termos operacionais. Esta consiste na aplicação ao fundo da cova do adubo de libertação controlada (N:P:K, 14:12:9 +3MgO+0.1B; 8-9 meses) e superfosfato a 20cm da planta para estimular o desenvolvimento do sistema radicular. Neste ensaio o superfosfato 18% foi misturado no substrato (75g/planta – vaso de 2,8L).

Nos três tratamentos testados com micorrizas (ectomicorrizas, endomicorrizas e caldo esporal) foi adicionado hidroretentor seco (solução economicamente mais favorável) e foi ainda testada a adição de fósforo na proporção de 25% do controlo, de forma a estimular o desenvolvimento da raiz, mas sem afetar o estabelecimento de micorrizas.

2.5. Substrato

O substrato utilizado no ensaio foi proveniente de solo recolhido no concelho de Cantanhede, distrito de Coimbra (areia com textura grosseira), após ter sido crivado com recurso a um crivo de 1,5cm (Figura 10).

Como característica principal, apresenta uma textura grosseira, baixo teor de argila e de matéria orgânica, possuindo assim uma fraca capacidade de retenção de água o que permite melhor avaliar a tolerância ao stress hídrico das plantas clonais em função dos diferentes tratamentos testados, considerando anulado o efeito do genótipo (progenitor familiar) e do meio ambiente (igual contentor, substrato e ensaio instalado em blocos completos e casualizados).

A análise do solo realizada no Laboratório de Solos e Fertilidade da ESAC, mostrou uma textura de campo ligeira (grosseira), uma percentagem de 100% de terra fina com teor de matéria orgânica muito baixo e o pH neutro de 6,2. Tanto as quantidades de fósforo e potássio extraível eram muito baixas (Anexo III).



Figura 10. Substrato - hidratação do substrato

2.6 Tratamentos

O ensaio teve como objetivo avaliar a tolerância ao stresse hídrico comparando o efeito de 12 tratamentos diferentes com base na aplicação de micorrizas (3 tratamentos) adicionados de polímero (orgânico vs químico) e ainda com a adição de fósforo comparativamente ao controlo (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos tratamentos

C- Controlo – Agroblen N:P:K 14:12:9 + 3MgO + 0,1 B (8-9 meses) na razão de 30g/planta e Fósforo (75g/planta mix substrato; Super fosfato 18%)						
Tratamentos	Ectomico rrizas	Endomi corrizas	Caldo Esporal (Pt)	Copolymer fertilisant	Hidro-retentor	P ₂ O ₅ 25% Controlo
Ta1	x					
Ta2		x				
Ta3			x			
Ta4	x			x		
Ta5		x		x		
Ta6			x	x		
Ta7	x				x	
Ta8		x			x	
Ta9			x		x	
Ta10	x				x	x
Ta11		x			x	x
Ta12			x		x	x

Controlo

Neste tratamento foi avaliada, a aplicação de adubo de libertação controlada ao fundo da cova com a seguinte concentração de macronutrientes (Azoto, Fósforo e Potássio) 14:12:9 + 3MgO (Óxido de Magnésio) + 0,1B (Boro) na quantidade de 30g por planta, e ainda com o objetivo de melhorar o sistema radicular, 75g por planta de P₂O₅ (superfosfato 18%) misturado no substrato (Figura 11).

Tratamento 1 (Ta1)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de ectomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha ao fundo da cova em contacto direto com as raízes.

Tratamento 2 (Ta2)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de endomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocando em contacto direto com as raízes.

Tratamento 3 (Ta3)

Neste tratamento o torrão das plantas foi mergulhado no caldo esporal de *P. tinctorius*.

Tratamento 4 (Ta4)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de ectomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha em contacto com as raízes juntamente com 2g por planta de Polímero orgânico.

Controlo	Ta1	Ta2	Ta3	Ta4
Agrobien NPK 14:12:9 + 3MgO + 0.1 B (8-9 meses) - 30g/planta e Fósforo	ectomicorrizas	endomicorrizas	Caldo esporal (Pt)	Ectomicorrizas+Copolymer ferti.
				



Figura 11. Controlo e tratamentos Ta1, Ta2, Ta3 e Ta4 e distribuição das plantas em caixas

Tratamento 5 (Ta5)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de endomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha em contacto com as raízes juntamente com 2g por planta de Polímero orgânico.

Tratamento 6 (Ta6)

Neste tratamento o torrão das plantas foi mergulhado no caldo esporal e colocados ao fundo da cova previamente aberta de 2g por planta de Polímero orgânico.

Tratamento 7 (Ta7)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de ectomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha em contacto com as raízes juntamente com 2g por planta de Hidroretentor seco (G300).

Tratamento 8 (Ta8)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de endomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha em contacto com as raízes juntamente com 2g por planta de Hidroretentor seco (G300).

Tratamento 9 (Ta9)

Neste tratamento o torrão das plantas foi mergulhado no caldo esporal e colocados ao fundo da cova previamente aberta de 2g por planta de Hidroretentor seco (G300).

Tratamento 10 (Ta10)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de ectomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha em contacto com as raízes juntamente com 2g por planta de hidroretentor seco e foi misturado no substrato (2,8L) uma dose equivalente a 25% de fósforo aplicado no controlo.

Tratamento 11 (Ta11)

Neste tratamento foram utilizadas pastilhas de endomicorrizas, abrindo uma cova no contentor e colocada uma pastilha em contacto com as raízes juntamente com 2g por planta de hidroretentor seco e foi misturado no substrato (2,8L) uma dose equivalente a 25% de fósforo aplicado no controlo.

Tratamento 12 (Ta12)

Neste tratamento o torrão das plantas foi mergulhado no caldo esporal e colocados ao fundo da cova previamente aberta de 2g por planta de hidroretentor seco e foi misturado no substrato (2,8L) uma dose equivalente a 25% de fósforo aplicado no controlo.

2.7 Instalação

No dia 21 de abril de 2023 procedeu-se à instalação do ensaio, onde após aplicados os tratamentos (15 plantas por tratamento), as mesmas foram distribuídas em 3 blocos completos e casualizados (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição dos tratamentos por caixa e por bloco

Caixa (n.º)	Tratamento	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
Caixa 1	C; Ta12; Ta9	Caixa 1	Caixa 3	Caixa 4
Caixa 2	Ta5; Ta3; Ta6	Caixa 2	Caixa 4	Caixa 5
Caixa 3	Ta10; Ta1; Ta8	Caixa 3	Caixa 2	Caixa 1
Caixa 4	Ta4; Ta11; Ta7	Caixa 4	Caixa 5	Caixa 3
Caixa 5	Ta2	Caixa 5	Caixa 1	Caixa 2

Seguidamente, as plantas foram colocadas na área de aclimação, com rede de sombra e rega durante os primeiros 7 dias, simulando a plantação em solo húmido após a ocorrência de chuvas e com condições favoráveis, durante um período de uma semana.

Posteriormente, no dia 28 de abril de 2023, foram colocadas no exterior dos viveiros, e colocadas de forma casual (Tabela 3), onde sem rega e sem rede de sombra, procedeu-se a observações de sobrevivência e de parâmetros fisiológicos, totalizando 6 observações durante um período de 92 dias após a instalação (de 28 de abril a 22 de julho).

Foram instalados no mesmo dia, ensaios semelhantes com eucalipto e medronheiro e posteriormente monitorizados. A Tabela 3 mostra a localização dos blocos distribuídos em caixas dos ensaios de eucalipto e medronheiro.

Tabela 3. Distribuição das espécies por fila, bloco e caixa

Fila 1		Fila 2		Espaço	Fila 3		Fila 4	
Caixa	Bloco	Caixa	Bloco		Caixa	Bloco	Caixa	Bloco
1	1	3	2		4	3	1	1
2	1	4	2		5	3	2	1
3	1	2	2		1	3	3	1
4	1	5	2		3	3	4	1
5	1	1	2		2	3	1	2
3	2	4	2		2	2	2	3
4	3	3	3		1	3	-	-

	Au
	Eg e Au
	Eg

2.8 Avaliação do acréscimo em altura e de parâmetros fisiológicos

Com o objetivo de avaliar e registrar a tolerância ao stress hídrico nos diferentes tratamentos, foi efetuada a avaliação de 4 parâmetros fisiológicos em todas as observações realizadas e, ainda, de altura nos dias 28 de abril e no dia 13 de maio (H_0 e H_1 , respetivamente), de forma a determinar o acréscimo médio em altura e o acréscimo relativo $((H_1-H_0)/H_0)$, equivalente ao RGR, *relative growth rate*).

Os parâmetros avaliados foram os seguintes: a sobrevivência da planta; a presença de gomos axilares; a turgidez e o desenvolvimento foliar.

- Sobrevivência (0-1):
 - Planta viva (1);
 - Planta morta (0 No caso de a planta ser avaliada como morta, não se procedeu à avaliação dos restantes parâmetros).

- Presença de gomos axilares (0-1):
 - Sem gomos axilares (0);
 - Com gomos axilares (1).

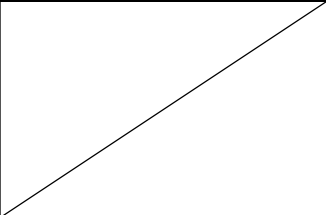
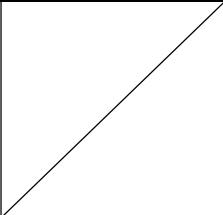
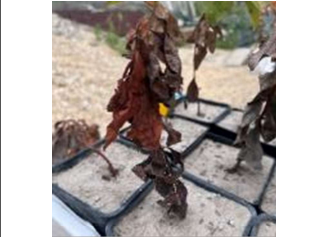
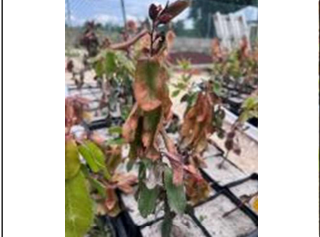
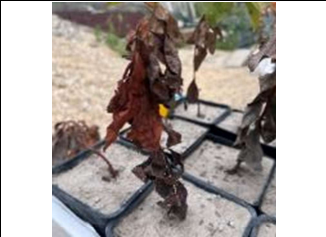
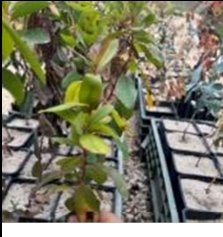
- Turgidez (0-2):
 - Seco (0);
 - Só ápice seco (1);
 - Turgidez total (2).

- Desenvolvimento foliar (0-2):
 - Folhas secas e tombadas (0);
 - Folhas basais verdes e ápice seco (1);
 - Todas as folhas verdes (2).

O somatório dos valores previamente registados correspondem à variável designada como somatório dos parâmetros fisiológicos, com um intervalo de 0 a 6 correspondendo os valores limites respetivamente a planta morta (0) vs planta sem sinais de stress (6).

Na Tabela 4 observam-se os parâmetros acima mencionados.

Tabela 4. Exemplos da avaliação dos parâmetros fisiológicos

Variáveis/ Valores	0	1	2
Gomos axilares	Ausência	Presença	
			
Turgidez	Seco	Só apice seco	Turgidez total
			
Desenvolvimento foliar	Folhas secas e tombadas	Folhas basais verdes e apicais secas	Folhas verdes
			

A avaliação da clorofila e de polifenóis presentes nas plantas, foi efetuada com recurso ao aparelho DUALEX 4 Scientific. Trata-se de um medidor de grampos não destrutivo que avalia o índice de clorofila, flavonoides e antocianinas nas folhas da planta a avaliar, assim como o índice de nitrogénio equilibrado (NBI) (Metos, 2022).

O aparelho é composto por duas óticas, contendo 5 LED's na superior e um detetor ótico na inferior. Para o aparelho efetuar a medição procede-se à abertura dos grampos e coloca-se a folha no seu interior. Quando se fecham os grampos são efetuadas as medições e automaticamente é emitido um sinal sonoro aquando do fim da medição (Anexo IV).

Os flavonoides são metabólitos secundários que desempenham diversas funções nas plantas, como a pigmentação, a proteção contra radiação ultravioleta e a regulação do seu desenvolvimento (Mathesius, 2018).

As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonoides e são pigmentos naturais cuja função inclui a proteção das plantas contra a radiação ultravioleta, bem como a prevenção da formação de radicais livres (Machado et al, 2020).

O Índice de Nitrogénio Equilibrado (NBI) resulta da razão entre os teores de clorofila e de flavonoides, refletindo a relação azoto/carbono, e apresenta menor sensibilidade às variações ambientais do que a clorofila isoladamente (Metos, 2022).

Ao fim de 92 dias após a instalação, a sobrevivência já era significativamente reduzida, o que permitiu proceder ao levantamento das plantas e à observação do sistema radicular à lupa.

2.9 Dados Climáticos

Os dados climáticos analisados no ensaio foram provenientes da estação meteorológica da Escola Superior Agrária de Coimbra, sendo esta a estação mais próxima do local onde foi instalado o ensaio. No que diz respeito à localização relativa, foi implantada na orla ceno mesozoica ocidental e jusante de Coimbra (cerca de 3 km) e na margem esquerda do rio Mondego, sensivelmente a 360 metros do eixo do leito do rio (ESAC, 2024).

A estação está instalada nas seguintes coordenadas geográficas:

Latitude: 10° 12' 54.3'' N

Longitude: 00° 41' 04.6'' E

Altitude: 16 metros

As variáveis climáticas analisadas foram a temperatura (°C), humidade relativa (%), velocidade do vento (Km/h), precipitação (mm), evapotranspiração (mm) e a radiação solar (MJ.m².d⁻¹), durante o período de estudo.

2.10 Análise Estatística

A análise estatística foi efetuada com recurso ao *software* “STATISTICA” (versão 12). Foi utilizado o Teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade das variáveis quantitativas (numéricas e com escala continua). Para as variáveis com distribuição normal (variáveis paramétricas – altura; Anexo V), procedeu-se à análise de variância.

Para as variáveis observadas através de notação e variáveis fisiológicas, sem distribuição normal (Anexo V), efetuou-se uma análise não paramétrica. Neste caso as médias foram comparadas pelo teste Kruskal-Wallis, para avaliar a existência de diferenças significativas devido aos tratamentos testados (Miller e Miller 2005).

3. Resultados e discussão

3.1. Variáveis climáticas

Durante o ensaio a temperatura média foi de 20,3°C, tendo sido registada a temperatura máxima de 34,8°C no dia 23 de junho e a mínima de 7,2°C no dia 12 de maio (Anexo VI).

A radiação solar média foi de 23,5 MJ.m³.d⁻¹, variando entre os 3,4 MJ.m³.d⁻¹ e os 31,0 MJ.m³.d⁻¹ (Anexo VII).

A precipitação média foi de 0,9mm, tendo o seu máximo ocorrido no dia 28 de maio registando os 19,8mm (Anexo VIII).

A evapotranspiração obteve um valor médio de 4,4mm, variando entre os 0,9mm e os 6,3mm (Anexo IX).

A velocidade média do vento registada durante o período do ensaio foi de 3,4 km/h (Anexo X).

No que diz respeito à humidade relativa do ar, a mesma obteve uma média de 76,7% (Anexo XI).

A Figura 12 mostra a relação entre a temperatura e a precipitação no período de estudo.

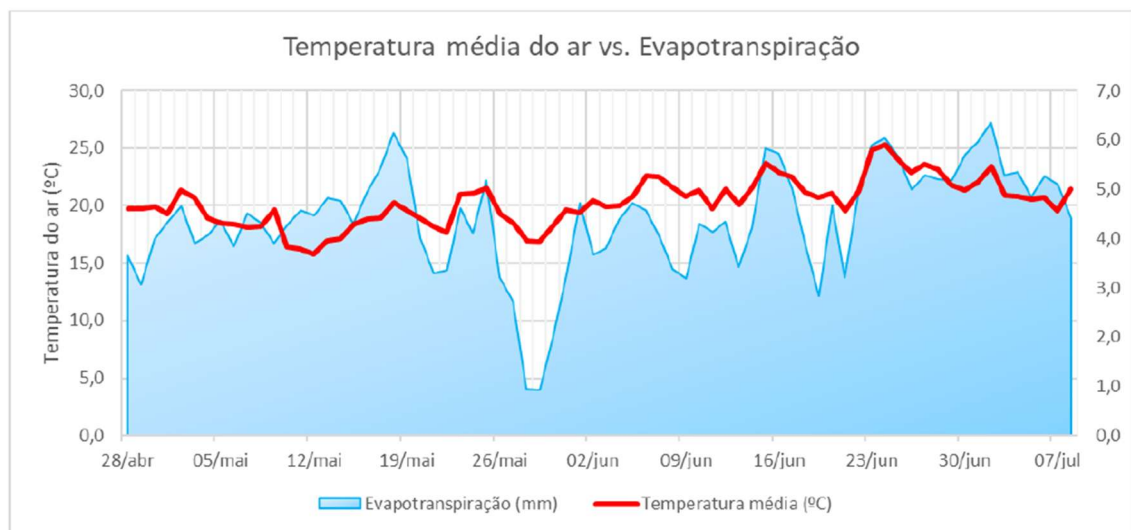


Figura 12. Comparação entre temperatura média do ar e evapotranspiração durante o período do ensaio no exterior

3.2. Acréscimo médio de altura

A Figura 13 mostra o acréscimo médio em altura observado em função do tratamento testado. As alturas (H_0 e H_1) foram registradas no dia 28 de abril e posteriormente no dia 13 de maio.

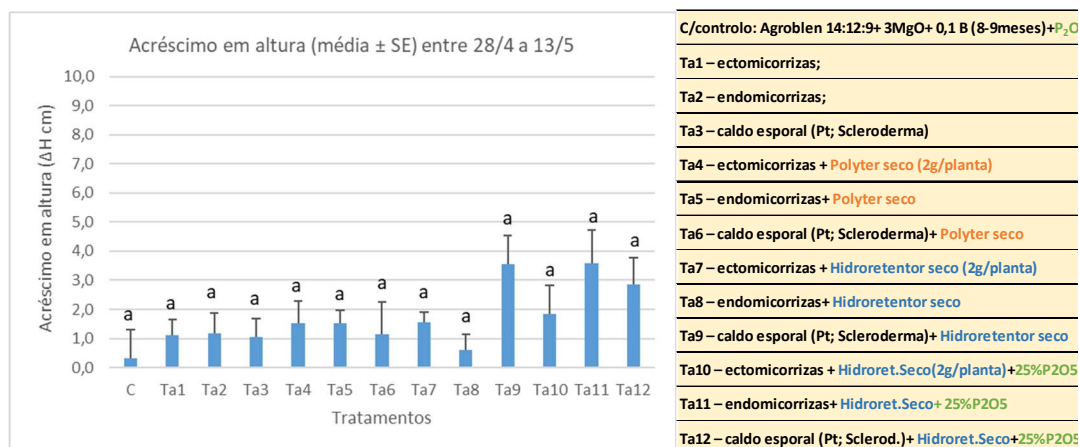


Figura 13. Acréscimo médio em altura ao fim de 15 dias em aclimação e 15 dias no exterior por cada tratamento
Nota: Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas ($P < 5\%$, Teste de Duncan, Anexo XII).

Analisando a Figura 13, constata-se que os tratamentos Ta9 e Ta11 apresentam os melhores resultados (acréscimo médio de altura inferior a 4cm), quando comparando com os restantes tratamentos, mas sem diferenças significativas.

A Figura 14 mostra o acréscimo relativo da altura observado no mesmo período.

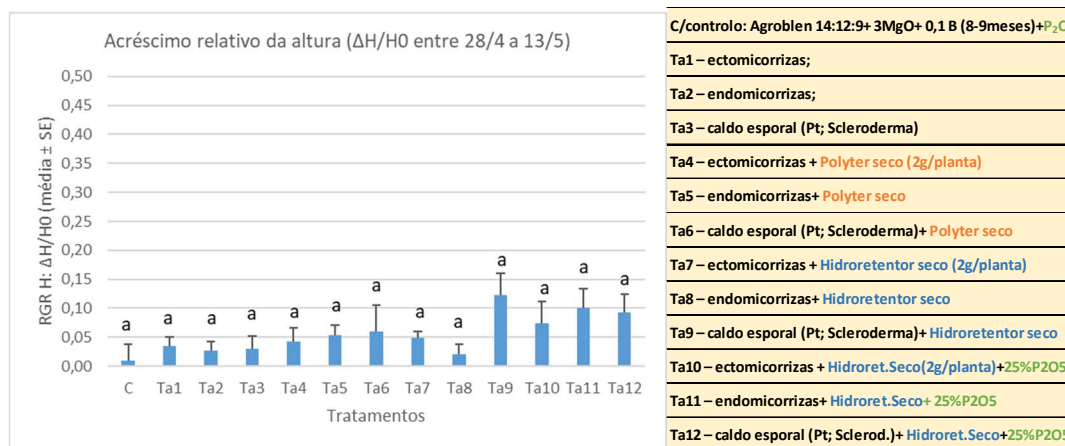


Figura 14. Acréscimo médio em altura ao fim de 15 dias em aclimação e 15 dias no exterior por cada tratamento
Nota: Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas ($P < 5\%$, Teste de Duncan, Anexo XII).

Comparando com os resultados (acréscimo médio em altura) observados em eucalipto, durante o mesmo período, foram observadas diferenças significativas entre tratamentos, com o melhor resultado e significativamente superior no tratamento com ectomicorrizas e polímero orgânico com valor médio de $7,73 \pm 1,39$ cm, e de acréscimo

relativo de $0,35 \pm 0,06$ cm, neste caso, sem diferenças significativas do tratamento com endomicorizas e polímero orgânico (Vaz, 2023).

3.3. Sobrevivência

Conforme se observa na Figura 15 nos primeiros dois períodos do ensaio (7 e 22 dias), não são verificadas grandes alterações no que diz respeito à sobrevivência das plantas demonstrando uma taxa de sobrevivência elevada. A partir desse período, a taxa de sobrevivência teve um decréscimo significativo, sendo que nos períodos compreendidos entre os dias 9 e 26 de junho, respectivamente 46 e 64 dias após a instalação do ensaio, a redução na sobrevivência é marcante. A exposição ao stress hídrico acabou por ter consequências diretas e expressivas, tendo sido notórias ao fim de 92 dias.

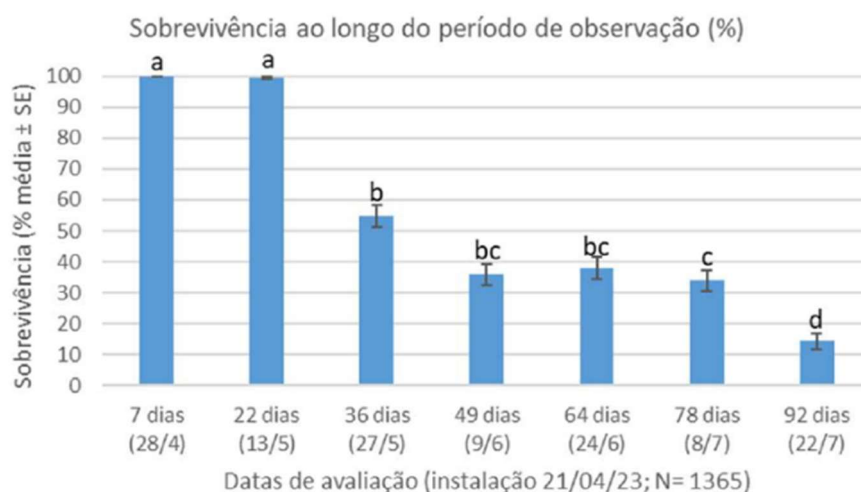


Figura 15 Sobrevivência ao longo do período de observação (21 de abril 22 de julho)*

*Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas ($P < 5\%$, Teste de Kuskal-Wallis, Anexo XII)

Comparativamente ao ensaio com o eucalipto (Vaz, 2023), a máxima tolerância ao stress hídrico foi registada ao fim de 78 dias com uma percentagem de sobrevivência inferior a 10%.

Analisando a sobrevivência, em função dos tratamentos testados, podemos observar na Figura 16, que o tratamento Ta9, onde foi testado o caldo esporal com o hidrorretentor seco, foi o que obteve os melhores resultados (90%) sem diferenças significativas dos tratamentos Ta8 e Ta6.

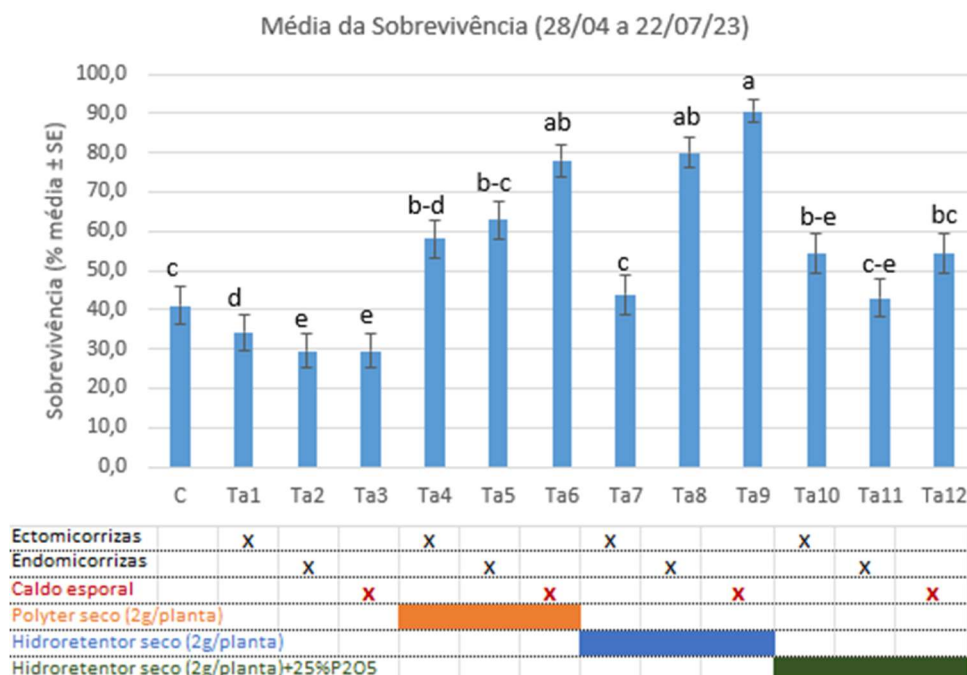


Figura 16. Média de sobrevivência por tratamento ao longo do período de observação*

*Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas ($P < 5\%$, Teste de Kuskal-Wallis, Anexo XII)

A Figura 16 evidencia o efeito positivo da adição de polímero (orgânico ou químico) aos tratamentos com micorrizas, comparativamente ao controlo e, ainda, o efeito negativo da adição de fósforo aos tratamentos com hidroretentor e micorrizas. Este efeito estará provavelmente associado a um menor investimento inicial da planta no estabelecimento das micorrizas, devido à presença de fósforo assimilável no substrato, facto que depois, posteriormente se manifesta na sobrevivência das plantas (Gomes et al., 2021). Os melhores resultados sem diferenças significativas foram observados nos tratamentos Ta9, Ta8 e Ta6, que têm em comum a presença de polímero (químico nos tratamentos Ta9 e Ta8 e orgânico em Ta6). Os tratamentos Ta6 e Ta9 têm em comum o caldo esporal de *P. tintorius*, de carpóforo colhido em povoamento de eucalipto na região de Abrantes (uma região caracterizada por elevado stresse hídrico). O tratamento Ta8 com endomicorizas (*Glomus*) convirá ser estudado futuramente pelo potencial que apresenta para aplicação em outras condições ambientais e pela menor exigência nutricional que estes fungos micorrízicos apresentam, em geral (Teste et al., 2019; 2020). Este facto é relevante para uma primeira etapa de instalação das plantas no campo e para a sua sobrevivência. Para o caso do eucalipto, as plantas sobreviveram um menor período de tempo (64 dias), tendo sido nesse caso aplicado polímero seco, na mesma proporção, adicionado de ectomicorizas e de fósforo na maior proporção (50%) da dose aplicada ao controlo (Vaz, 2023).

A Figura 17 mostra a taxa de sobrevivência registrada ao longo do período de observação (21 de abril a 22 de julho, 92 dias após a instalação do ensaio).

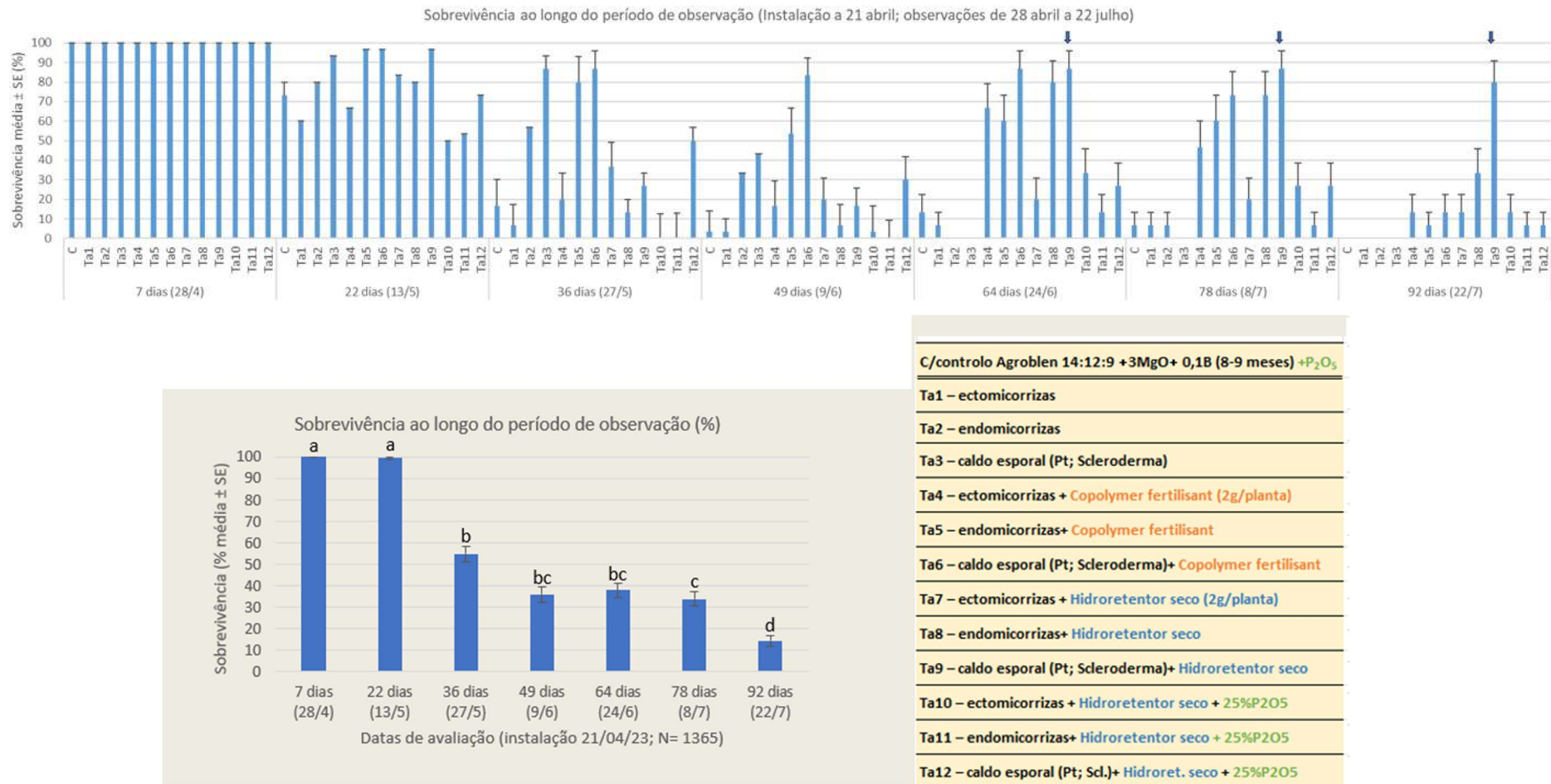


Figura 17. Sobrevivência média registrada ao longo do período de observação (média $\pm$ erro padrão; 28 de abril a 22 de julho, 92 dias após a instalação)

A Figura 17 mostra que o melhor tratamento observado ao fim de 92 dias em condições de stress hídrico, sem rega nem rede de sombra (de 28 de abril a 22 de julho), foi o Ta9 ($80,0 \pm 10,7\%$) quando foi aplicado o hidrotentor seco e o caldo esporal. Para o eucalipto, o melhor resultado operacional (com taxa elevada de sobrevivência) foi observado ao fim de um período inferior, 64 dias (90%), quando foi testado o tratamento com ectomicorrizas adicionado de polímero fertilizante e fósforo na proporção de 50% da dose aplicada ao controlo (Vaz, 2023). A salientar ainda, que ao contrário do medronheiro, no caso do eucalipto a adição de fósforo e na maior proporção (50% vs 25%) permitiu um aumento da sobrevivência, mas durante um período mais curto (64 dias). A referir, que neste ensaio não foi testada a aplicação de polímero químico (hidrotentor-G300). Num ensaio instalado com eucalipto em que se pretendeu avaliar a necessidade de execução de rega à plantação de 2L/planta (para simular uma semana em boas condições), comparativamente ao controlo (com vs sem rega) e, ainda, com diferentes tratamentos: a) polímero (químico vs orgânico); b) adição de fósforo; c) adição de Agroblen (adubo de libertação controlada), o melhor resultado, com 90% sobrevivência ao fim de 56 dias (considerando a ocorrência de uma “precipitação” de 10 mm, aos 49 dias) foi observado no tratamento com hidrotentor seco (2g/planta), adicionado da dose normal (75g/planta) de superfosfato 18% e com rega à instalação (Pereira, 2024).

3.4. Parâmetros fisiológicos

No que diz respeito aos parâmetros fisiológicos e respetivo somatório no final do ensaio, constata-se, através da observação da Figura 18, que o tratamento Ta9 foi o que obteve um melhor resultado, seguido do tratamento Ta6, tendo como elemento comum em ambos a aplicação do caldo esporal e, ainda, sem diferenças significativas do tratamento Ta8 e Ta5, estes com aplicação de endomicorrizas. Este facto, efeito positivo das endomicorrizas, poderá sugerir um potencial estabelecimento de endomicorrizas (para o caso do medronheiro), facto que já é reconhecido para o eucalipto (Teste, et al, 2020). Espécies que são dualmente micorrizadas, isto é, estabelecem ectomicorrizas e endomicorrizas, potencialmente tiram maior partido da sua diversidade e capacidade de adaptação a condições ambientais diferentes (Teste et al., 2020).

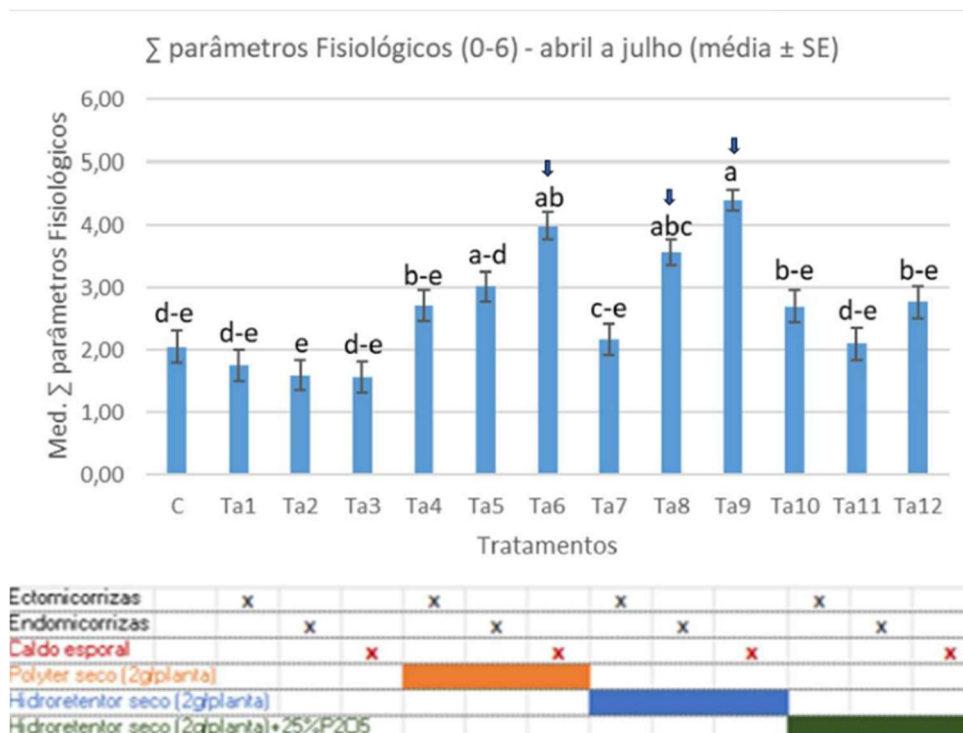
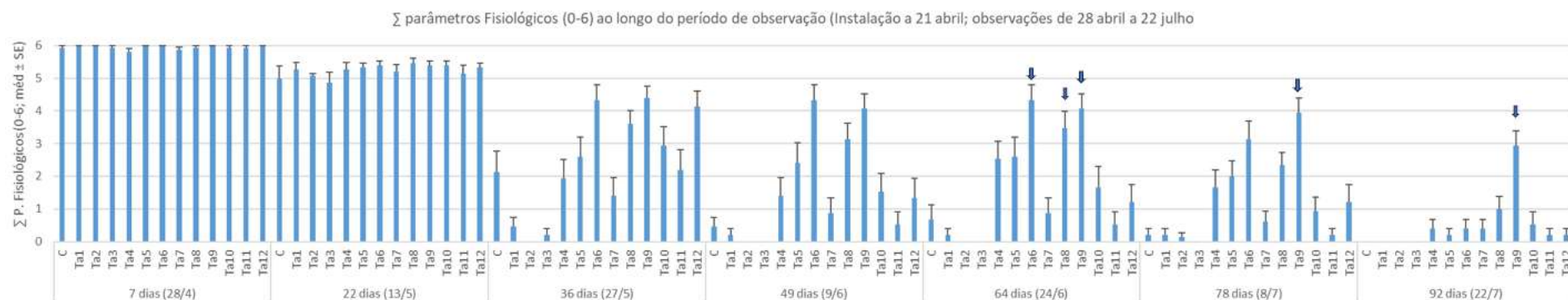


Figura 18. Somatório dos parâmetros fisiológicos por tratamento ao fim do período do ensaio*

*Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas ($P < 5\%$, Teste de Kuskal-Wallis, Anexo XII)

De forma semelhante à sobrevivência, quando se efetuou a adição de fósforo no caso do medronheiro os resultados observados foram significativamente inferiores (tratamentos 10, 11 e 12). Para o eucalipto, os melhores resultados foram observados no tratamento com ectomicorrizas adicionado de polímero fertilizante e fósforo na proporção de 50% da dose aplicada ao controle, similarmente à sobrevivência (Vaz 2023).

A Figura 19 mostra os valores médios para o somatório dos parâmetros fisiológicos (0-6) registados ao longo do período de observação (21 de abril a 22 de julho, 92 dias após a instalação). Os melhores resultados foram observados, similarmente, no tratamento Ta9 ao fim de 92 dias (caldo esporal e hidroretentor seco). A referir que ao fim de 64 dias os tratamentos Ta6 e Ta8 também mostravam resiliência ao stress hídrico, tendo neste caso sido testados, respetivamente, caldo esporal e polímero fertilizante e endomicorrizas e hidroretentor seco, respetivamente. Mais uma vez, a presença de endomicorrizas e hidroretentor seco, mostraram ser favoráveis à tolerância ao stress hídrico, sugerindo a relevância de futuros estudos para avaliar a formação de endomicorrizas e, ainda, a instalação de ensaios no campo e posterior monitorização. Por outro lado, e de forma semelhante à sobrevivência, a adição de fósforo não potenciou a resiliência ao stress hídrico (tratamentos 10, 11 e 12).



Total Parâmetros Observados Σ (0-6)

Sobrevivência: 0 morta vs 1 viva

Gomos axilares: 0 ausência vs 1 presença

Turgidez: 0-seco; 1-só apice seco; 2-turgidez total ereta

Desenvolvimento foliar: 0 secas tombadas; 1 Folhas basais verdes e apicais secas; 2 Folhas Verdes

C/controlo Agrobien 14:12:9 +3MgO+ 0,1B (8-9 meses) +P₂O₅

Ta1 – ectomicorizas

Ta2 – endomicorizas

Ta3 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)

Ta4 – ectomicorizas + Copolymer fertilisant (2g/planta)

Ta5 – endomicorizas+ Copolymer fertilisant

Ta6 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Copolymer fertilisant

Ta7 – ectomicorizas + Hidroretentor seco (2g/planta)

Ta8 – endomicorizas+ Hidroretentor seco

Ta9 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Hidroretentor seco

Ta10 – ectomicorizas + Hidroretentor seco + 25%P₂O₅

Ta11 – endomicorizas+ Hidroretentor seco + 25%P₂O₅

Ta12 – caldo esporal (Pt; Scl.)+ Hidroret. seco + 25%P₂O₅

Figura 19. Média do somatório dos parâmetros fisiológicos observados por medição

3.5. Clorofila, flavonoides, antocianinas e NBI

Os dados relativos aos teores de clorofila, flavonoides, antocianinas e ao Índice de Nitrogénio Equilibrado (NBI) foram obtidos com base nas medições efetuadas, permitindo a análise da sua variação ao longo do período de monitorização.

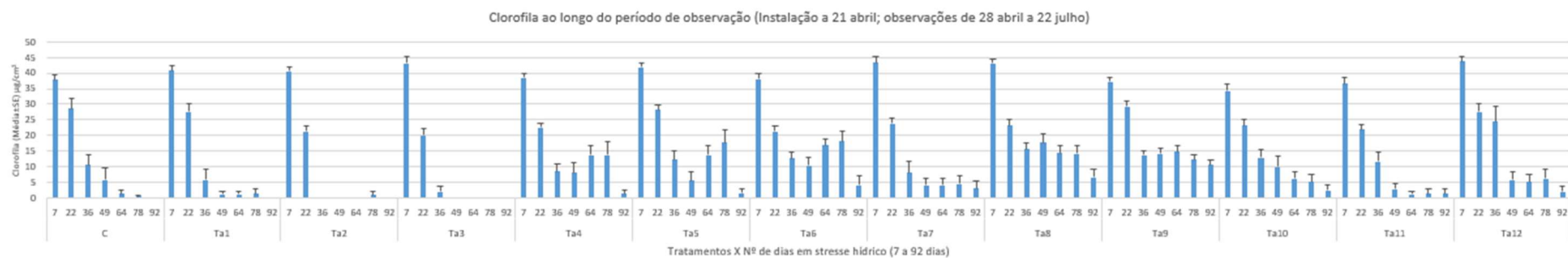


Figura 20. Clorofila ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)

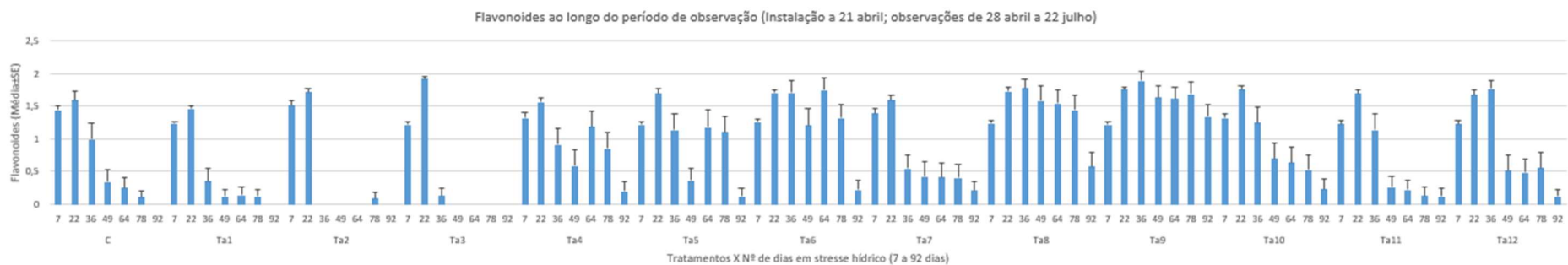


Figura 21. Flavonoides ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)

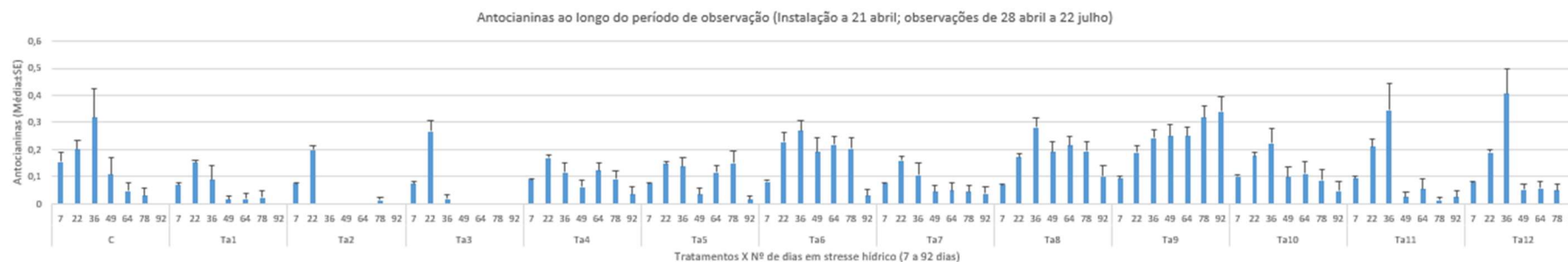


Figura 22. Antocianinas ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)

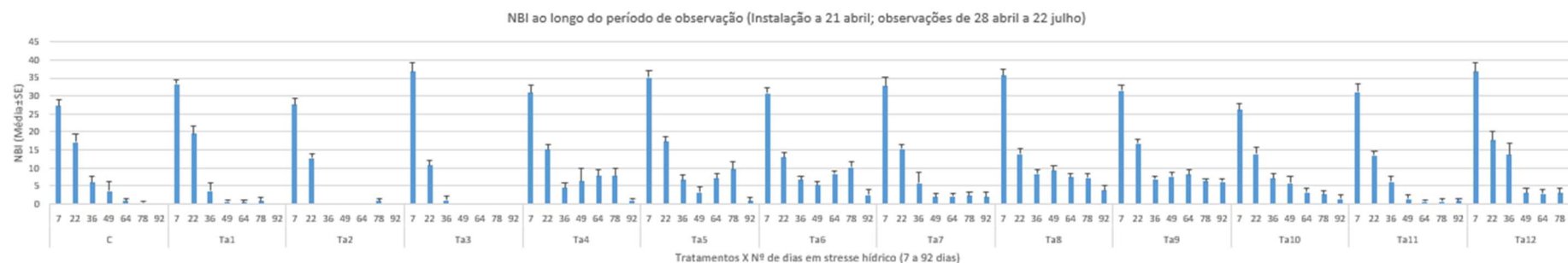


Figura 23. Índice de Nitrogénio Equilibrado (NBI) ao longo do período de observação (instalação a 21 de abril; observações de 28 de abril a 22 de julho)

As Figuras 20, 21, 22 e 23, de forma similar, mostram que o tratamento Ta9 é o que apresenta melhores resultados, isto é, o que apresenta maior consistência ao longo do período de observação, sendo possível perceber a resiliência das plantas ao longo do período de seca.

Será relevante dar continuidade à monitorização dos ensaios instalados no campo em Belver (Branco, 2025) e Gondramaz e Pampilhosa da Serra (Antunes, 2025), onde diferentes tratamentos com micorrizas (unidades comerciais), caldo esporal de *P. tinctorius* e polímeros foram instalados, em blocos completos e casualizados, para avaliação da resiliência à seca de plantas de medronheiro.

3.6. Avaliação do sistema radicular

Uma vez que a taxa de sobrevivência já era bastante reduzida ao fim de 92 dias, procedeu-se ao levantamento do ensaio e foram recolhidas plantas para serem observadas as raízes em laboratório. Para se proceder à respetiva observação, previamente ao levantamento, os contentores foram submersos em água para que o substrato fosse extraído com precaução para não danificar o sistema radicular. As raízes foram observadas à lupa e verificou-se a presença de ectomicorrizas nos tratamentos com ectomicorrizas e caldo esporal e com plantas sobreviventes, a referir, Ta4, Ta6, Ta7, Ta9, Ta10 e Ta12 (Figura 24; e Anexo XIII). Foi observada a presença de ectomicorrizas nas raízes, que se desenvolviam nos agregados de substrato e polímero, contribuindo para a sobrevivência da planta (Figura 24).

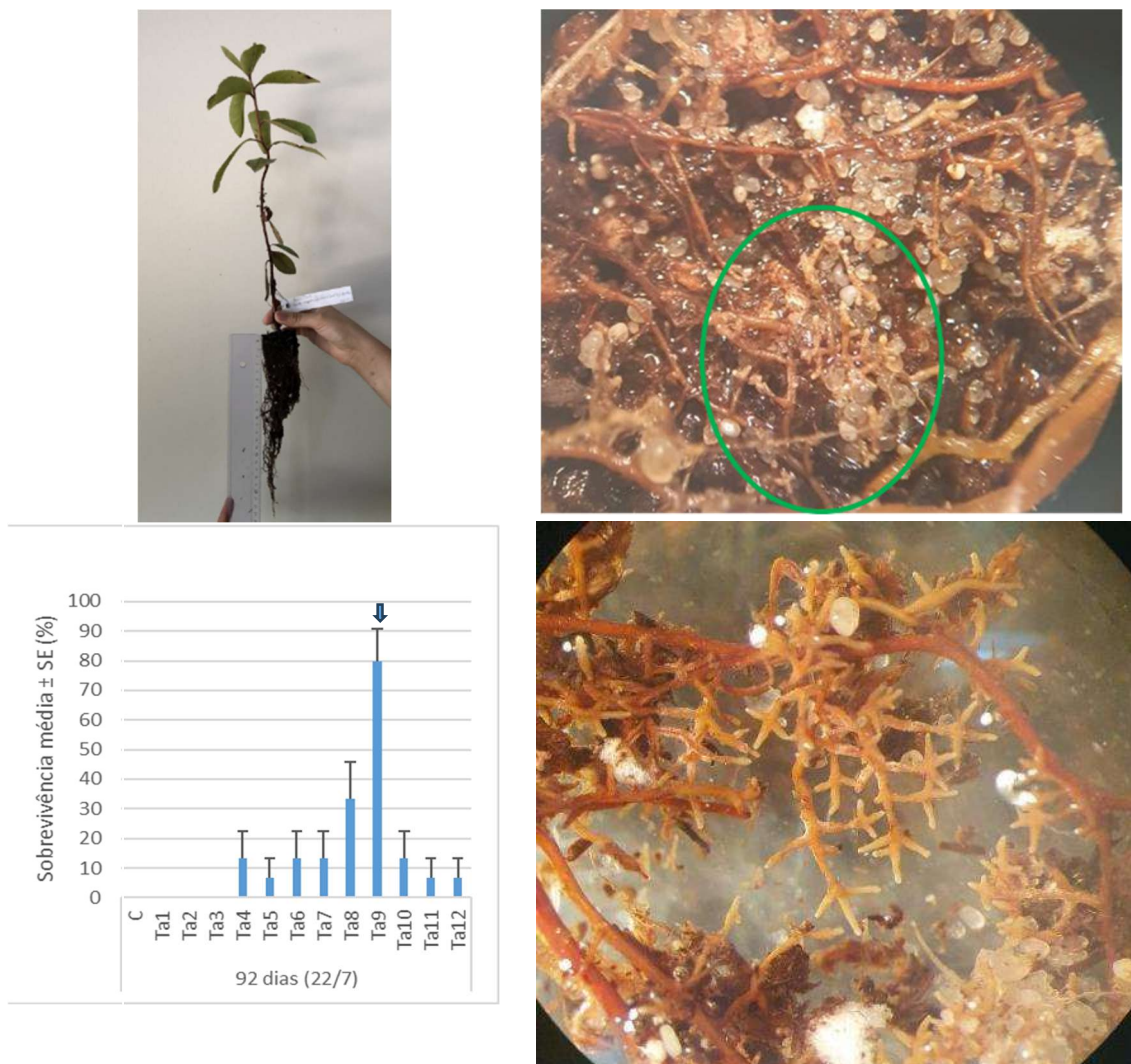


Figura 24. Presença de ectomicorrizas no tratamento Ta9 no final do período de observação (92 dias); a planta sem sintomas de stresse hídrico; a presença de hidroretentor visivelmente hidratado e associado às raízes e substrato

4. Considerações Finais

Neste ensaio avaliou-se a tolerância ao stress hídrico à plantação de medronheiro (simulação em viveiro), comparativamente ao tratamento operacional (controlo), o efeito do uso de polímeros (orgânico vs químico), micorrizas (ectomicorrizas, endomicorrizas e caldo esporal) e, ainda, a adição de fósforo numa dose reduzida (25%) ao tratamento com polímero químico. As plantas em vaso de 2,8L, com substrato de textura ligeira, sem matéria orgânica permaneceram no exterior (até 92 dias – 21 de abril a 22 de julho) sem rega nem rede de sombra. Foram avaliados vários parâmetros com intervalos de 15 dias (7 observações). Ao fim de 92 dias procedeu-se à observação da raiz das plantas sobreviventes dos diferentes tratamentos.

Do conjunto de observações há a referir o seguinte: (1) de um modo genérico, após os primeiros 22 dias, a taxa de sobrevivência sofre um decréscimo em diversos tratamentos; (2) os tratamentos com caldo esporal e hidroretentor seco mostraram elevada taxa de sobrevivência, assim como a avaliação para o somatório dos parâmetros fisiológicos; (3) a utilização de fósforo, mesmo em doses reduzidas não mostrou ser favorável ao estabelecimento de micorrizas e consequentemente à sobrevivência; (4) a análise do sistema radicular permitiu verificar nos tratamentos com melhores resultados, a presença de ectomicorrizas nas raízes que chegavam a desenvolver-se nos agregados de substrato e polímero, contribuindo para a sobrevivência da planta.

Conclui-se assim que, o uso de hidroretentor conjugado com o caldo esporal, mostrou ser benéfico para a sobrevivência das plantas de medronheiro, podendo esta ser uma estratégia a adotar em práticas de plantação para aumentar a resiliência à seca.

Este ensaio mostrou que será possível antecipar a plantação por um período de cerca de 90 dias, garantindo a plantação em solo húmido e de preferência associada à rega à instalação e/ou período de uma semana amena. Estes resultados sugerem que na etapa de investigação a seguir, será relevante: a) avaliar a aplicação do hidroretentor seco (economicamente mais favorável), com ou sem rega à instalação; b) avaliar o estabelecimento de endomicorrizas com a presença de arbúsculos e as suas vantagens associadas e c) dar continuidade à monitorização dos ensaios instalados em campo.

5. Referências Bibliográficas

- Antunes, Celine (2025). Relatório Final do Curso de Mestrado em Recursos Florestais. "Instalação dos ensaios de Medronheiro – monitorização da tolerância ao stresse hídrico em campo" Trabalho em fase de finalização e apresentação,
- APA. (julho de 2024). *Clima*. Obtido de Agência Portuguesa do Ambiente: <https://apambiente.pt/clima>
- Biodiversidade. (julho de 2024). *Medronheiro*. Obtido de Biodiversidade by The Navigator Company: <https://biodiversidade.com.pt/biogaleria/medronheiro/>
- BioDiversity4All. (janeiro de 2025). *Pisolithus tinctorius*. Obtido de BioDiversity4All: <https://www.biodiversity4all.org/taxa/63833-Pisolithus-tinctorius>.
- Branco, Pedro (2025). Relatório Final do Curso de Mestrado em Recursos Florestais. "Instalação de ensaios de plantas de medronheiro e posterior monitorização.
- Correia, A. V., & Oliveira, Â. C. (2002). *Espécies florestais com interesse para Portugal. Zona de influência mediterrânica*. Lisboa: Direcção-Geral das Florestas.
- ESAC. (agosto de 2024). *Localização*. Obtido de Estação Meteorológica: http://www1.esac.pt/estacao/index_ficheiros/Page328.htm
- Estrela, P; Quintela, A; Vaz, J; Chá, LC; Pereira, A; Pato, RL; Rosa, I; Gomes, F. (2023). *Efeito do hidrogel (orgânico vs químico), micorrizas e adição de fósforo na resiliência ao stresse hídrico à plantação de medronheiro*. Congresso Nacional dos Recursos Silvestres 2023, 18 de outubro de 2023, Escola Superior Agrária de Bragança. Livro de Resumos p. Abst 21. ISBN: 978-972-745-330-6 <https://esa.ipb.pt/cnrs2023/>
- Gomes, F.; Suárez, D.; Santos, R.; Silva, M; Gaspar, D.; Machado, H. (2016). Mycorrhizal synthesis between *Lactarius deliciosus* and *Arbutus unedo* L. *Mycorrhiza*, **26**(3): 177-188, DOI: 10.1007/s00572-015-0656-1. EID: 2-s2.0-84937878565.
- Gomes, F; Franco, J.; Pato, R.L.; Botelho, G.; Rodrigues, I.; Figueiredo, P.; Casau, F. (2017). Produção de medronho para destilar. In: Pestana, M. (Eds.). *Medronheiro*, Caderno Técnico, 1ªed., INIAV, Silva Lusitana, pp. 5-33, ISBN 978-972-579-045.
- Gomes, B.; Castro, F., Santos, R.; Silva, M.; Vidal, M., Ferreira, I., Nunes, J., Machado, H, Gomes, F. (2021). Effect of quercetin on mycorrhizal synthesis between *Tuber borchii* and *Arbutus unedo* L. *in vitro* plants". *Microbiology Research*, **12** (1), 69-81. <https://doi.org/10.3390/microbiolres120100077>
- Gomes F.; Guilherme, R.; Pato, R.L.; Botelho, G.; Franco, J.; Casau, F.; Melo, F.; Rodrigues, I.; Henriques, M.; Bingre, P.; Gama, J.; Machado, H.; Capelo, J.; Barrento, M.J;

- Sousa, R., (2018). Medronheiro - Manual de boas práticas para a cultura do medronheiro. Comissão Editorial: Botelho, G.; Guilherme, R.; Pato, R.L.; Cordeiro, R.; Edição Digital. REN – Redes Energéticas Nacionais. IPC - Instituto Politécnico de Coimbra, ESAC, CERNAS, CPM – Cooperativa Portuguesa de Medronho crl. Coimbra, 110 p. ISBN 978-989-54532-0-7
- Jardim Botânico da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. (julho de 2024). *Arbutus unedo* L. Obtido de Jardim Botânico da UTAD: https://jb.utad.pt/especie/Arbutus_unedo
- JN, Miller; JC, Miller. (2005). *Estatística e Quimiometria para Química Analítica* (5ª ed ed.).
- Machado, L., Ricardo, L., Vargas, B., & Rosa, G. (2020). *Pisolithus arhizus; uma espécie com múltiplas aplicações*. Obtido de Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária: https://www.inia.vpt/images/publicacoes/2022/Pisolithus_arhizus.pdf
- Mathesius, U. (2018). *Flavonoid Functions in Plants and Their Interactions with Other Organisms*. Obtido de National Library of Medicine.
- Metos. (agosto de 2022). *Dualex - Optical Leafclip Meter*. Obtido de METOS: https://metos.at/wp-content/uploads/2022/07/Dualex_leaflet-ENG.pdf
- Moreira, F. (2022) Relatório Final de Estágio de Licenciatura em Ciências Florestais e Recursos Naturais "O melhoramento do medronheiro, casos de estudo: avaliação do efeito do uso de polímero à plantação e efeito do substrato no crescimento das plantas em viveiro."
- Pereira, L. (2024). Tese de Mestrado em Recursos Florestais, ESAC/IPC. *A sobrevivência de plantas de eucalipto em condições de estresse hídrico: Comparação entre o Controle e Diferentes tratamentos com hidroretentores (orgânico vs sintético, simulação em viveiro)*.
- Teste, F. P., Jones, M. D., & Dickie, I. A. (2019). *Dual-mycorrhizal plants: their ecology and relevance*. Obtido de Dual-mycorrhizal plants: their ecology and relevance: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.16190>
- Teste, F., Jones, M., & Dickie, I. (2020). *Plantas dual-micorrízicas: sua ecologia e relevância*. *New Phytologist*. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.16190>
- Vaz, J. (2023). Tese de Mestrado em Recursos Florestais, ESAC/IPC. *"Efeito do uso de polímero e micorrizas na tolerância ao stresse hídrico à plantação de eucalipto (simulação em viveiro)"*. Coimbra.

6. Anexos

DESCRIPTION OF ECTOPLANT



ECTOPLANT is a natural biological product consisting of spores of fungi forming ectomycorrhizae. It also contains natural compounds of plant origin that help compaction and a moisture retainer.

General characteristics and mode of action

ECTOPLANT is a formulation specifically studied for a quick and practical forest plant mycorrhization in nursery or field (established plants or during the transplant). The absence of ectomycorrhizal association in the roots of plants is often the cause of the failure of reforestation programs. Among the benefits provided by plants are: better absorption of water and soil minerals, increased survival, increased resistance and / or tolerance to certain soil pathogens as well as water and saline stress. Other benefits include an increased root system of plants and a decrease in the provision of fertilizer and water.

The application of soil disinfectant, fungicide treatments and fertilizer high in phosphorus, can affect or inhibit the development of mycorrhizal fungi.

Product suitable for use in all species of Pinaceae (pines and firs in general), Fagaceae (oaks, oaks, chestnut and beech), Betulaceae (birch, hazel, alder) and Salicaceae (willows and poplars).

Sugiere una traducción mejor

Delivery formats

ECTOPLANT tablets can be supplied in bags of 500 units, vacuum packed



ECTOPLANT DATASHEET

Tablets

Fungal genera Contents: Rhizopogon sp, Pisolithus tinctorius, Scleroderma verrucosum, Suillus spp.

Number of viable microorganisms:> 2x10⁶ spores / unit

Qualitative-quantitative: the product is in the form of spores, supported by inert, inorganic substrates, organic matter and agents for the compression

Physical-chemical analysis of the product

Tablets

Volume of product per unit:	7cc
Unit Weight:	5g
Odor:	earth
Dry matter:	96%
pH in water (1:5):	6.5-7
N (total):	0.4% DM (dry matter)
P2O5:	0.5% MS
Exchangeable K2O:	0.5% MS
Organic matter:	12% MS

Expiration

18 months Do not expose directly to sunlight, kept in a dry place freq).

Instructions for use

For transplant

Place under the plant in direct contact with the roots.

For established plants

Buried in the ground, and place it in contact with the roots

Dose

1 tablet per plant



SAFETY DATA ECTOPLANT Tablets

Product and manufacturer

Trade name: Ectoplant

Product Category: concentrated forest plant beneficial microorganisms (fungi forming ectomycorrhiza)

Identification of potential hazards: no

First aid measures: if the tablet dissolves and the resulting dust falls into eyes, rinse with water if necessary

Fire-fighting measures: non-relevant (non-flammable product)

Measures in case of accidental spillage: retrieve the product and use it if it has not been in contact with other inert substrates

Precautions for handling and storage: Normal handling.
Store in cool, dry place

Personal Protection: no

Stability and Reactivity: Stable product with no hazardous reactions

Toxicological information: Inhalation of copious quantities of dust due to the disintegration of the tablet may cause transient respiratory distress.



Ectomycorrhizal Plants: 5% of Plants—Mainly Conifers & Oaks—more woody plants.

Some commercially important plant groups that benefit from ECTO-mycorrhizal fungi:

- Alder (Endo/Ecto)
- Arborvitae
- Arctostaphylos
- Aspen (Endo/Ecto)
- Basswood
- Beech
- Birch
- Chestnut
- Chinquapin
- Cottonwood (Endo/Ecto)
- Douglas fir
- Eucalyptus
- Filbert
- Fir
- Hazelnut
- Hickory
- Hemlock
- Larch



FICHA TÉCNICA ENDOPLANT Comprimidos

Géneros y especies de hongos: *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*

Cantidad de microorganismos viables: > 1000 propágulos/cc

Composición: el producto se presenta en forma de esporas, vesículas y fragmentos de micelio soportadas por substratos inorgánicos inertes, materia orgánica y agentes para la compresión.

Análisis físico-químico del producto

Volumen de producto por unidad:	7cc
Peso unidad:	5g
Olor:	tierra
Materia seca:	96%
pH en agua (1:5):	6.5-7
N(total):	0.4 %MS (Materia Seca)
P ₂ O ₅ :	0.5 % MS
K ₂ O intercambiable:	0.5 % MS
Materia orgánica:	12 % MS

Caducidad del producto

18 meses si se cumplen las siguientes medidas de seguridad: no exponer directamente a los rayos del sol; mantener en un lugar fresco y seco).

Modo de empleo

Para transplante

Colocar debajo de la planta en contacto directo con las raíces.

Para plantas ya establecidas

Enterrar en el suelo, de manera que permanezca en contacto directo con las raíces

Dosis

1 pastilla por planta

Classificação de parâmetros físico-químicos do solo (L.Q.A.R.S., 2006) e metodologia utilizada.

Métodos analíticos	Valores-limite (mg kg ⁻¹) (DL n.º 103/2015, 15 de junho)			
	em solos com:			
	Metais pesados «totais»	5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7,0	pH ≥ 7,0
pH (CaCl ₂): Susp. solo:CaCl ₂ 1:5 (v:v) (Norma ISO 10390:2005)	Cádmio (Cd)*	0,5	1	1,5
pH (KCl): Susp. solo:KCl 1:5 (v:v) (Norma ISO 10390:2005)	Cobre (Cu)*	20	50	100
Azoto mineral: Fluxo Contínuo Segmentado (ISO 14255:1998)	Níquel (Ni)*	15	50	70
Textura: Avaliação textural expedita - Textura de campo	Chumbo (Pb)*	50	70	100
Análise granulométrica: Pipeta de Robinson	Zinco (Zn)*	60	150	200
Calcário activo: Método de Droineau	Crómio (Cr)*	30	60	100
Azoto total: Método Kjeldahl	Mercurio (Hg)**	0,1	0,5	1
Cloratos: Método de Mohr	* Água régia (Norma EN 13650)/ EAA com chama ou GFAAS			
Carbonatos: Volumetria	** Decomposição térmica/ EAA sem chama			

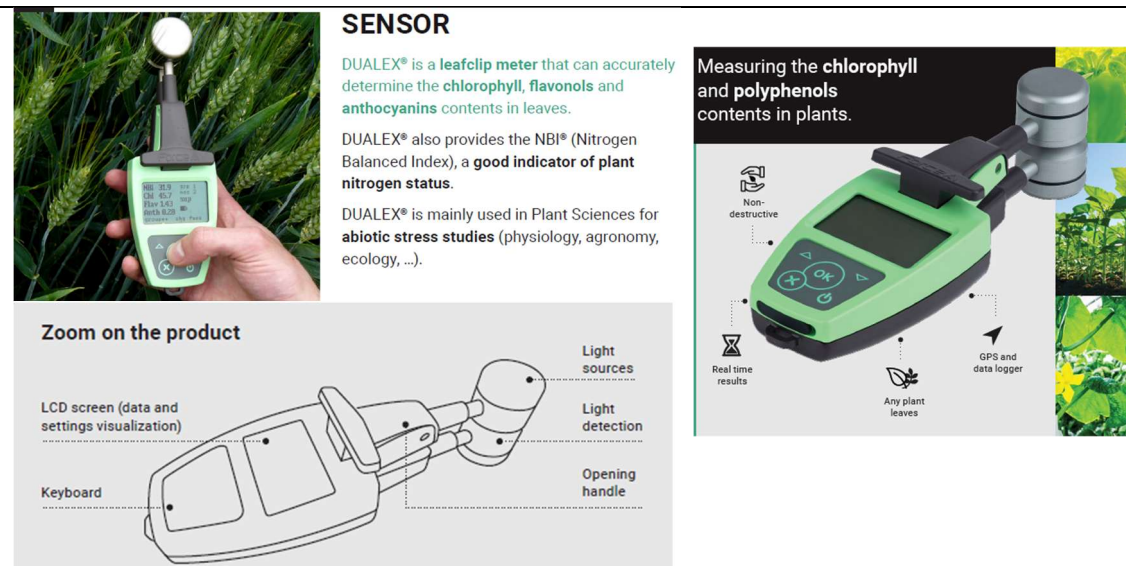
Fósforo (P ₂ O ₅)* Potássio (K ₂ O)** extraíveis (mg kg ⁻¹)	Classe de fertilidade	Matéria Orgânica (%)		pH (H ₂ O)	Designação	
		Solos com textura				
		Ligeira	Média ou Pesada			
≤ 25	Muito baixa	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 4,5	Muito Ácido	Ácido
26-50	Baixa	0,6 – 1,5	1,1 – 2,0	4,6 - 5,5	Ácido	
51-100	Média	1,6 – 3,0	2,1 – 4,0	5,6 - 6,5	Pouco ácido	Neutro
101-200	Alta	3,1 – 4,5	4,1 – 6,0	6,6 - 7,5	Neutro	
> 200	Muito alta	> 4,5	> 6,0	7,6 - 8,5	Pouco alcalino	Alcalino
				8,6 - 9,5	Alcalino	
				> 9,5	Muito alcalino	
* Método de Egner-Riehm/ EAM		Combustão seca 590° - Análise elementar		Susp. solo: água 1:5 (v:v) (Norma ISO 10390:2005)		
** Método de Egner-Riehm/ EAA						

Classe de fertilidade	(mg B kg ⁻¹)	Cátions de troca (cmol(+) 100g ⁻¹)				Micronutrientes extraíveis (mg kg ⁻¹)			
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu	Zn	Fe	Mn
Muito baixa	≤ 0,20	< 0,1	< 0,1	< 2,0	< 0,5	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 10	≤ 7
Baixa	0,21-0,40	0,1 - 0,25	0,1 - 0,25	2,1 - 5,0	0,6 - 1,0	0,4 - 0,8	0,7 - 1,4	11 - 25	8 - 15
Média	0,41-1,00	0,26 - 0,50	0,26 - 0,50	5,1 - 10,0	1,1 - 2,5	0,9 - 7,0	1,5 - 3,5	26 - 40	16 - 45
Alta	1,10-2,50	0,51 - 1,0	0,51 - 1,0	10,1-20,0	2,6 - 5,0	7,1 - 15	3,6 - 10	41 - 80	46 - 100
Muito alta	> 2,50	> 1,0	> 1,0	> 20,0	> 5,0	> 15	> 10	> 80	> 100
CaCl ₂ 0,01M fervente, Azometina H/ Fluxo Contínuo Segmentado		Acetato de amónio pH=7/ EAA				AAAc-EDTA (Lakonen)/ EAA			

Classe de fertilidade	Elementos (mg kg ⁻¹) - Estufa				Classe de fertilidade	Na** (mg kg ⁻¹)	ESTUFA
	P ₂ O ₅ *	K ₂ O**	CaO**	MgO**			
Muito baixa	≤ 10	≤ 20	≤ 50	≤ 10	Ótima	≤ 50	
Baixa	11 - 20	21 - 59	51 - 75	11 - 20	Média	51 - 100	
Média	21 - 30	60 - 120	76 - 250	21 - 30	Alta	101 - 150	
Alta	31 - 60	121 - 150	251 - 300	31 - 50	Muito alta	> 150	
Muito alta	> 60	> 150	> 300	> 50			
* Água, 1:5 (p/v)/ EAM							
** Água, 1:5 (p/v)/ EAA							

Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹ a 25°C)	Classificação	Legenda:
< 0,40	Solo sem efeitos salinos	
0,41 - 0,80	Solo muito pouco salino	
0,81 - 1,60	Solo pouco salino	
1,61 - 2,40	Solo moderadamente salino	
2,41 - 3,20	Solo fortemente salino	
> 3,20	Solo muito fortemente salino	
Suspensão solo água 1:2 (p/v) - Condutimetria		
		EAA - Espectrofotometria de Absorção Atômica
		GFAAS - Espect. Absorção Atômica em forno de grafite
		EAM - Espectrofotometria de Absorção Molecular
		AAAc - Acetato de Amónio+Ácido Acético

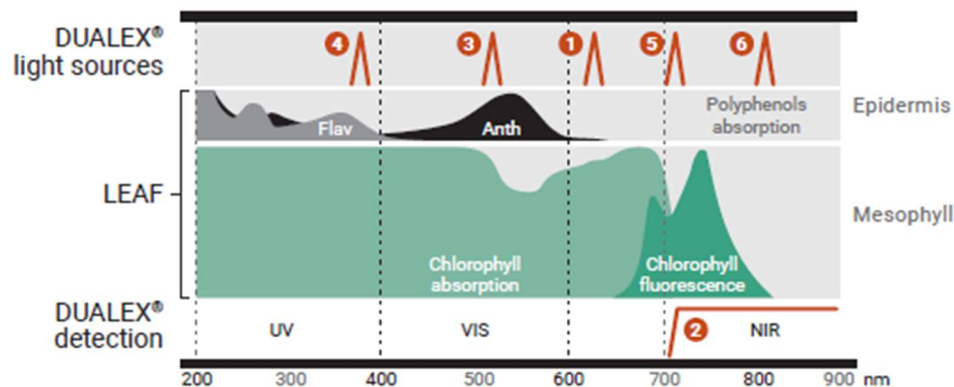
Anexo IV - DUALEX[®] Optical leafclip meter - Measuring the chlorophyll and polyphenols contents in plants.



PRINCIPLES

Accurate measurement of chlorophyll

DUALEX[®] measures the chlorophyll content of leaf thanks to a transmittance ratio at two different wavelengths. One in the far-red ⑤ absorbed by chlorophyll and one in the near-infrared ⑥ as reference.



The only leafclip sensor to measure flavonols and anthocyanins contents

DUALEX[®] measures flavonols and anthocyanins content of the leaves epidermis thanks to a differential ratio of chlorophyll fluorescence.

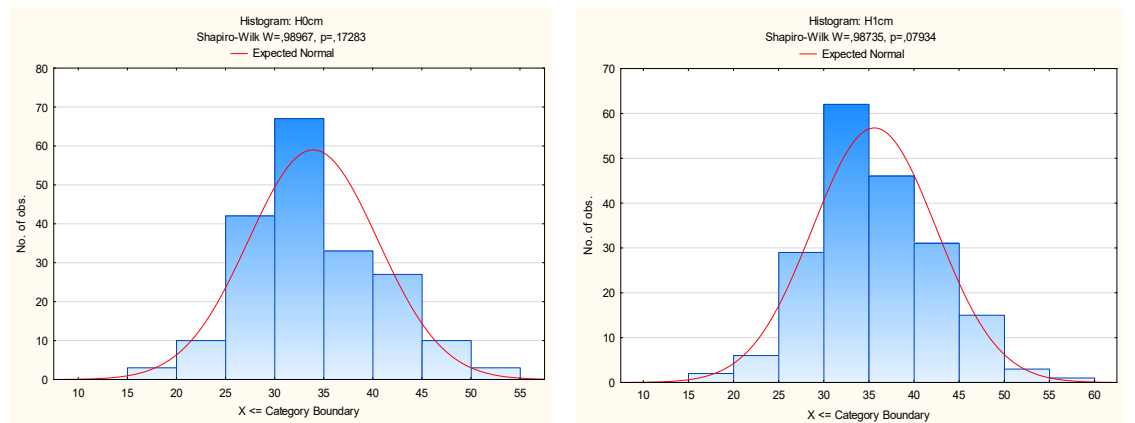
Near-infrared chlorophyll fluorescence is measured under a first reference excitation light not absorbed by polyphenols ①. It is compared to a second sampling specific light absorbed by polyphenols (e.g. green ③ for anthocyanins or UV ④ for flavonols).

Only a fraction of this light reaches the chlorophyll in the mesophyll and can generate near-infrared chlorophyll fluorescence ②. This principle of measurement is called the screening effect of polyphenols on chlorophyll fluorescence.

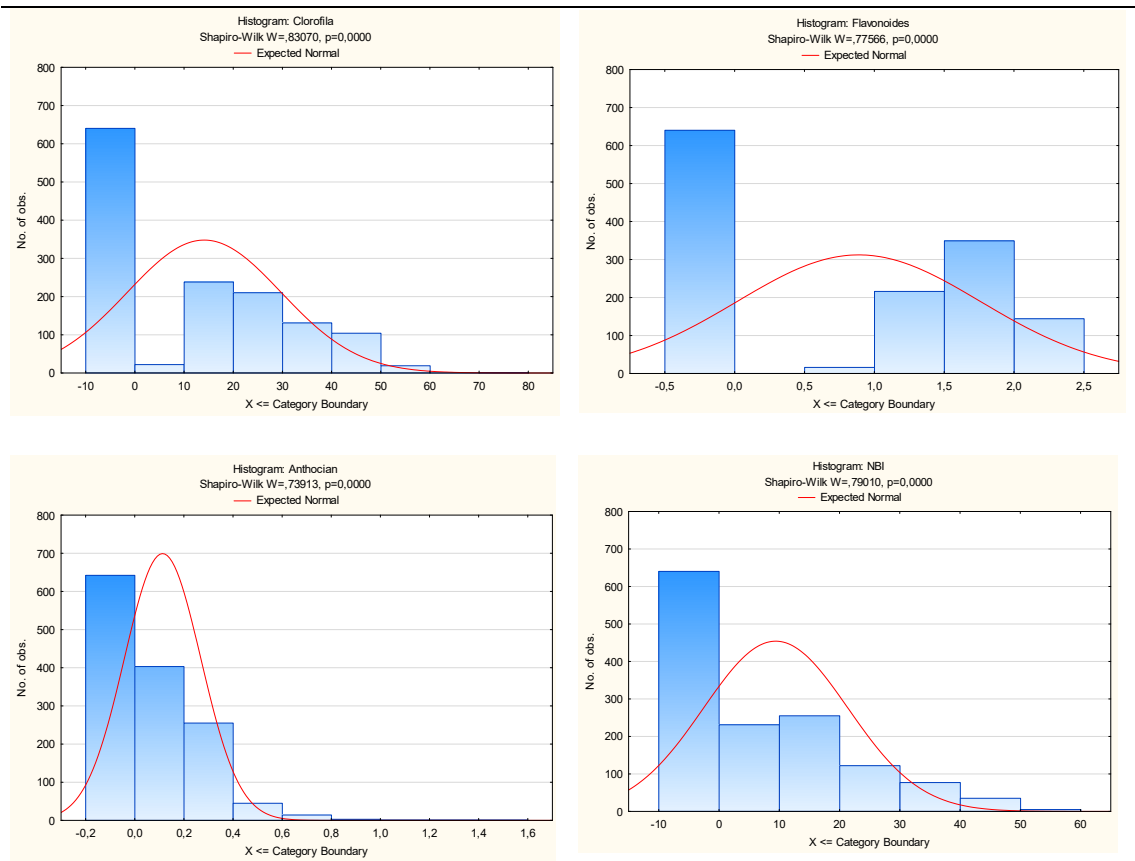
Fonte: ForceA. (2022). DUALEX[®] Optical leafclip meter - Measuring the chlorophyll and polyphenols contents in plants. www.force-a.com info@force-a.fr

Anexo V – Avaliação da distribuição das variáveis numéricas pelo Teste de Shapiro-Wilk

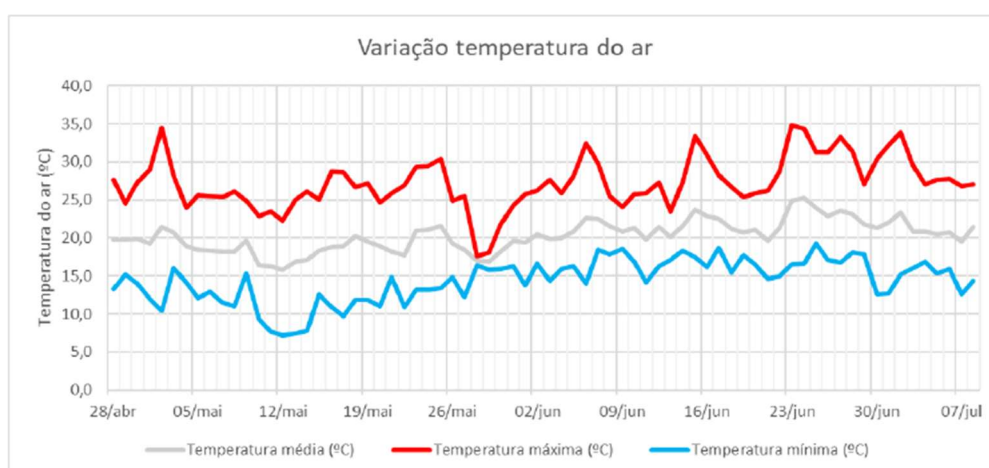
Altura



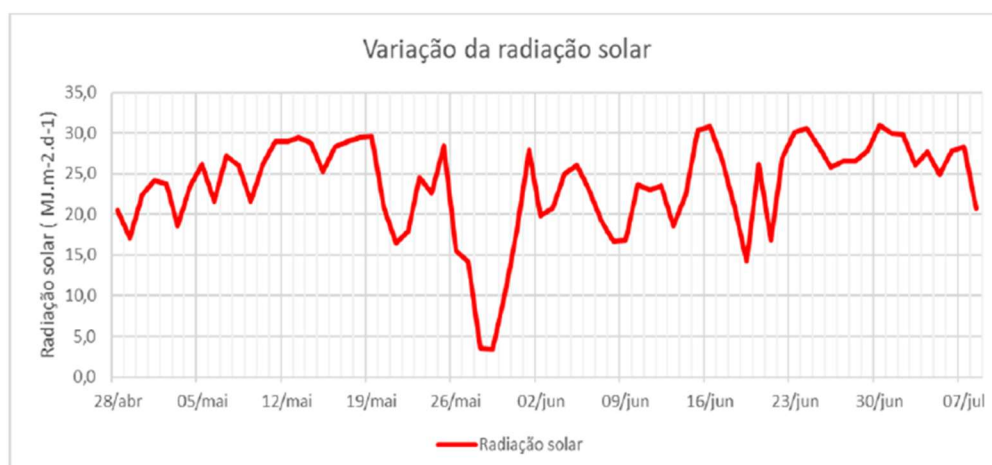
Variáveis fisiológicas



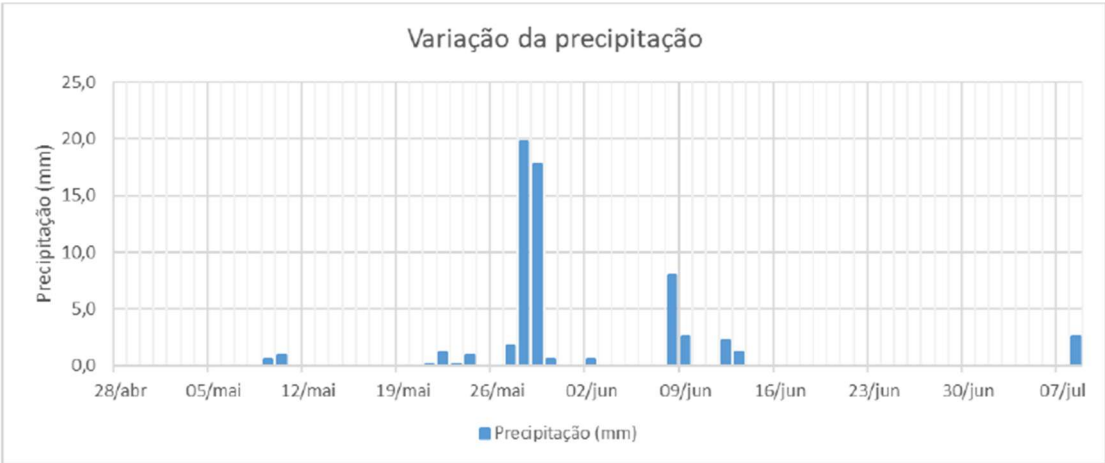
Anexo VI – Gráfico de variação da temperatura de 28 de abril a 8 de julho



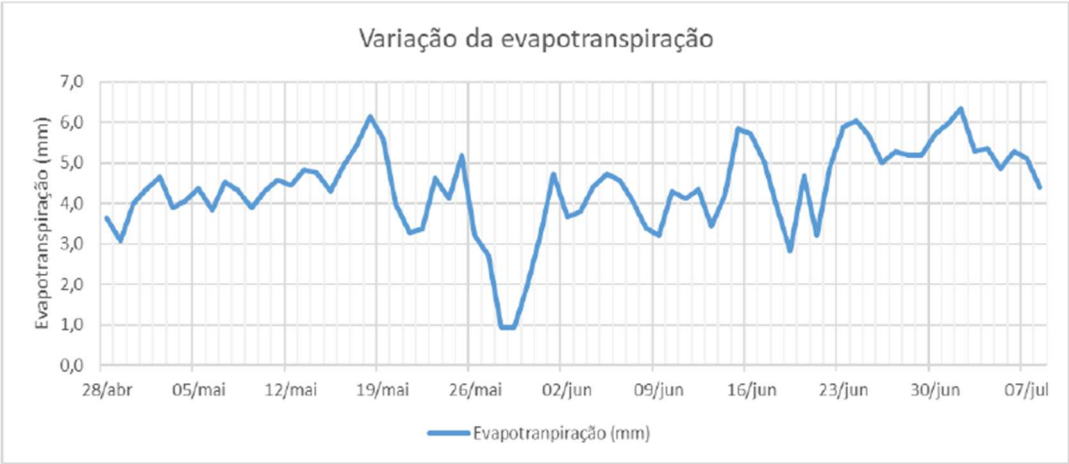
Anexo VII – Gráfico de variação da radiação solar de 28 de abril a 8 de julho



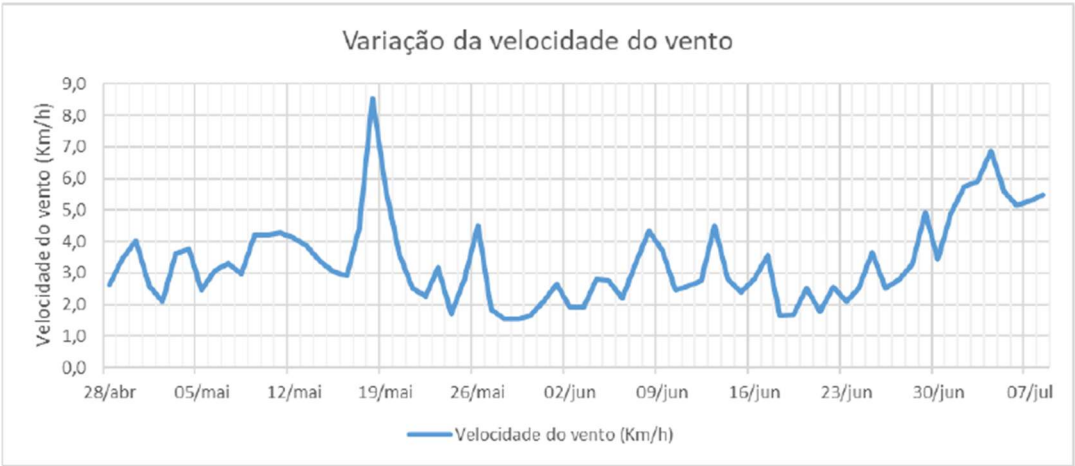
Anexo VIII – Gráfico de variação da precipitação de 28 de abril a 8 de julho



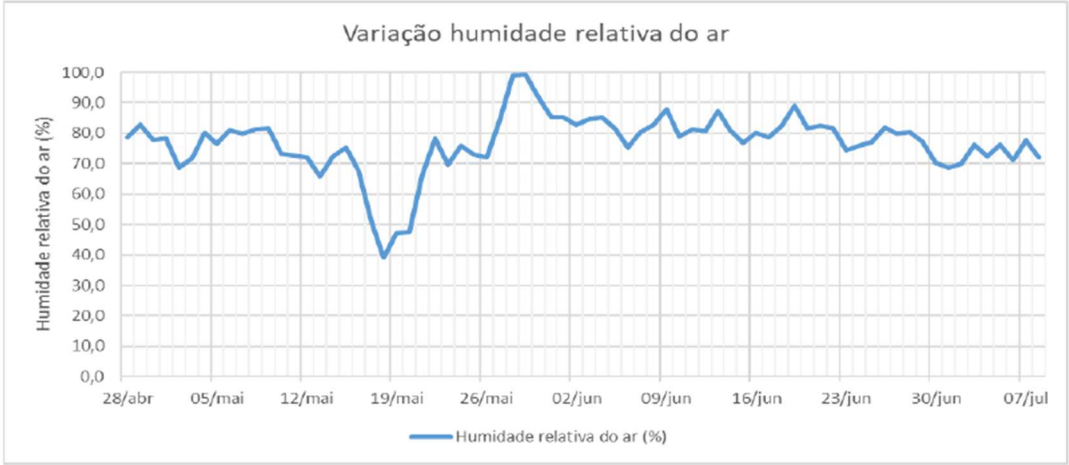
Anexo IX – Gráfico de variação da evapotranspiração de 28 de abril a 8 de julho



Anexo X – Gráfico de variação da velocidade do vento de 28 de abril a 8 de julho



Anexo XI – Gráfico de variação da humidade relativa do ar de 28 de abril a 8 de julho



Anexo XII – Análise estatística: Anova one-way (variáveis paramétricas) e Teste Kruskal-Wallis para variáveis não paramétricas

Univariate Tests of Significance for Acres H (cm) (Au_PE_viv23.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	550.368	1	550.3680	54.98822	0.000000
Tratamento	192.224	12	16.0187	1.60045	0.094680
Error	1821.608	182	10.0088		

Univariate Tests of Significance for RGR H/H0 (Au_PE_viv23.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.594251	1	0.594251	51.78807	0.000000
Tratamento	0.209036	12	0.017420	1.51809	0.120880
Error	2.088391	182	0.011475		

Teste Kruskal-Wallis para variáveis não paramétricas

Multiple Comparisons p values (2-tailed): Sobrevivencia (Au_PE_viv23.sta)													
Independent (grouping) variable: Tratamento													
Kruskal-Wallis test: H (12, N= 1365) =196.9868 p=0.000													
Depend.: Sobrevivencia	C	Ta12	Ta9	Ta5	Ta3	Ta6	Ta10	Ta1	Ta8	Ta4	Ta11	Ta7	Ta2
C	R:595.50	R:686.50	R:933.50	R:745.00	R:517.50	R:849.00	R:686.50	R:550.00	R:862.00	R:712.50	R:608.50	R:615.00	R:517.50
Ta12	1.000000	1.000000	0.000000	0.467660	1.000000	0.000247	1.000000	1.000000	0.000075	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta9	0.000000	0.000438	0.000438	1.000000	0.147688	0.219765	1.000000	0.944210	0.097938	1.000000	1.000000	1.000000	0.147688
Ta5	0.467660	1.000000	0.041374	1.000000	0.002256	1.000000	0.000438	0.000000	0.003790	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Ta3	1.000000	0.147688	0.000000	1.000000	0.000000	1.000000	0.026355	1.000000	0.000000	0.026355	0.944210	1.000000	0.002256
Ta6	0.000247	0.219765	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000	0.147688	1.000000	0.000000	0.026355	0.944210	0.000767	0.001325
Ta10	1.000000	1.000000	0.000438	1.000000	0.147688	0.219765	0.944210	0.097938	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.147688
Ta1	1.000000	0.944210	0.000000	0.026355	1.000000	0.000003	0.944210	0.000001	0.000001	0.219765	1.000000	1.000000	1.000000
Ta8	0.000075	0.097938	1.000000	1.000000	0.000000	0.097938	0.000001	0.000001	0.000001	0.467660	0.000247	0.000438	0.000000
Ta4	1.000000	1.000000	0.003790	1.000000	0.026355	0.944210	1.000000	0.219765	0.467660	1.000000	1.000000	1.000000	0.026355
Ta11	1.000000	1.000000	0.000000	0.944210	1.000000	0.000767	1.000000	1.000000	0.000247	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta7	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000	0.001325	1.000000	1.000000	0.000438	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta2	1.000000	0.147688	0.000000	0.002256	1.000000	0.000000	0.147688	1.000000	0.000000	0.026355	1.000000	1.000000	1.000000

Multiple Comparisons p values (2-tailed): Soma Par Fisiol (Au_PE_viv23.sta)													
Independent (grouping) variable: Tratamento													
Kruskal-Wallis test: H (12, N= 1365) =122.1110 p=0.000													
Depend.: Soma Par Fisiol	C	Ta12	Ta9	Ta5	Ta3	Ta6	Ta10	Ta1	Ta8	Ta4	Ta11	Ta7	Ta2
C	R:610.90	R:700.24	R:904.60	R:729.20	R:543.96	R:851.49	R:690.38	R:573.89	R:804.20	R:688.65	R:617.79	R:620.33	R:543.39
Ta12	1.000000	1.000000	0.000005	1.000000	1.000000	0.000762	1.000000	1.000000	0.029713	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta9	0.000005	0.013442	1.000000	0.098599	0.000000	0.317570	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.307085
Ta5	1.000000	1.000000	0.098599	1.000000	0.051604	1.000000	0.006416	0.000000	1.000000	0.005618	0.000011	0.000014	0.000000
Ta3	1.000000	0.317570	0.000000	0.051604	1.000000	0.000001	0.555159	1.000000	0.000134	0.610355	1.000000	1.000000	0.049638
Ta6	0.000762	0.423813	1.000000	1.000000	0.000001	1.000000	0.238856	0.000026	1.000000	0.215339	0.001358	0.001675	0.000001
Ta10	1.000000	1.000000	0.006416	1.000000	0.555159	0.238856	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.537782
Ta1	1.000000	1.000000	0.000000	0.335707	1.000000	0.000026	1.000000	1.000000	0.001795	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta8	0.029713	1.000000	1.000000	1.000000	0.000134	1.000000	1.000000	0.001795	1.000000	0.047696	0.056595	0.000127	0.000000
Ta4	1.000000	1.000000	0.005618	1.000000	0.610355	0.215339	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.591433
Ta11	1.000000	1.000000	0.000011	1.000000	1.000000	0.001358	1.000000	1.000000	0.047696	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta7	1.000000	1.000000	0.000014	1.000000	1.000000	0.001675	1.000000	1.000000	0.056595	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta2	1.000000	0.307085	0.000000	0.049638	1.000000	0.000001	0.537782	1.000000	0.000127	0.591433	1.000000	1.000000	1.000000

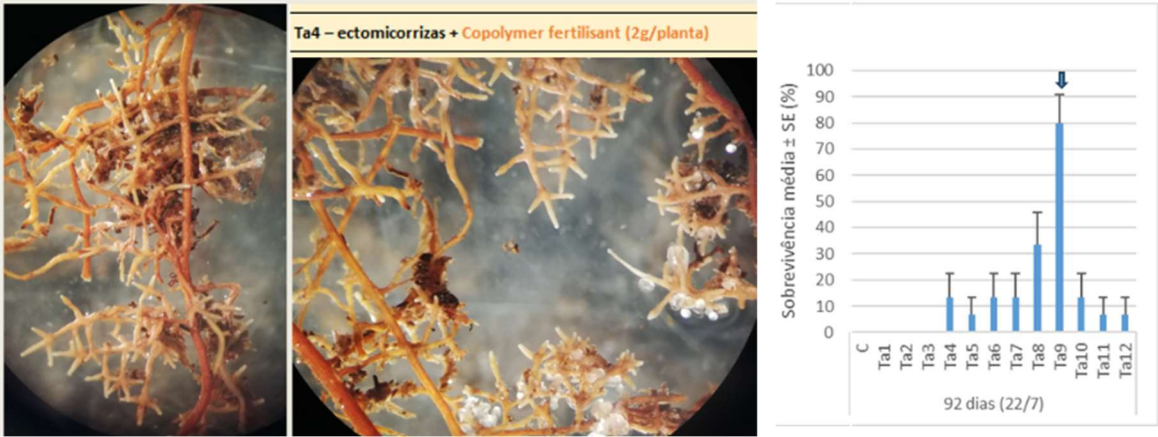
Multiple Comparisons p values (2-tailed): Clorofila (Au_PE_viv23.sta)													
Independent (grouping) variable: Tratamento													
Kruskal-Wallis test: H (12, N= 1365) =90.40129 p=0.000													
Depend.: Clorofila	C	Ta12	Ta9	Ta5	Ta3	Ta6	Ta10	Ta1	Ta8	Ta4	Ta11	Ta7	Ta2
C	R:621.25	R:719.49	R:832.47	R:757.89	R:543.23	R:785.36	R:678.62	R:593.70	R:827.46	R:721.55	R:610.35	R:645.55	R:542.10
Ta12	1.000000	1.000000	0.008061	0.937446	1.000000	0.199356	1.000000	1.000000	0.011731	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta9	0.008061	1.000000	1.000000	1.000000	0.093281	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.086719
Ta5	0.937446	1.000000	1.000000	1.000000	0.000008	1.000000	0.365325	0.000888	1.000000	1.000000	0.003469	0.046077	0.000007
Ta3	1.000000	0.093281	0.000008	0.006206	1.000000	0.000667	1.000000	0.198437	0.000014	0.081617	1.000000	1.000000	0.005690
Ta6	0.199356	1.000000	1.000000	1.000000	0.000667	1.000000	0.033269	1.000000	1.000000	1.000000	0.101037	0.793489	0.000606
Ta10	1.000000	1.000000	0.365325	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.485307	1.000000	1.000000	1.000000	0.943274
Ta1	1.000000	1.000000	0.000888	0.198437	1.000000	0.033269	1.000000	1.000000	0.001351	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta8	0.011731	1.000000	1.000000	1.000000	0.000014	1.000000	0.485307	0.001351	1.000000	1.000000	0.005137	0.064490	0.000012
Ta4	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.081617	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.075819
Ta11	1.000000	1.000000	0.003469	0.521721	1.000000	0.101037	1.000000	1.000000	0.005137	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta7	1.000000	1.000000	0.046077	1.000000	1.000000	0.793489	1.000000	1.000000	0.064490	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Ta2	1.000000	0.086719	0.000007	0.005690	1.000000	0.000606	0.943274	1.000000	0.000012	0.075819	1.000000	1.000000	1.000000

Multiple Comparisons p values (2-tailed): Flavonoides (Au_PE_viv23 sta)													
Independent (grouping) variable: Tratamiento													
Kruskal-Wallis test: H (12, N= 1365) =227,2507 p =0,000													
Depend.: Flavonoides	C	Ta12	Ta9	Ta5	Ta3	Ta6	Ta10	Ta1	Ta8	Ta4	Ta11	Ta7	Ta2
	R:589,49	R:691,24	R:989,75	R:718,94	R:507,00	R:866,40	R:690,07	R:501,25	R:913,86	R:707,93	R:591,49	R:606,22	R:505,38
C	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000028	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta12	0,000000	1,000000	0,000003	1,000000	0,055188	0,100117	1,000000	0,037354	0,003334	1,000000	1,000000	1,000000	0,049510
Ta9	0,000000	0,000003	1,000000	0,000050	0,000000	1,000000	0,000003	0,000000	1,000000	0,000017	0,000000	0,000000	0,000000
Ta5	1,000000	1,000000	0,000050	1,000000	0,007634	0,524068	1,000000	0,004910	0,026497	1,000000	1,000000	1,000000	0,006751
Ta3	1,000000	0,055188	0,000000	0,007634	1,000000	0,000000	0,059680	1,000000	0,000000	0,017251	1,000000	1,000000	1,000000
Ta6	0,000028	0,100117	1,000000	0,524068	0,000000	1,000000	0,092853	0,000000	1,000000	0,279442	0,000034	0,000135	0,000000
Ta10	1,000000	1,000000	0,000003	1,000000	0,059680	0,092853	1,000000	0,040481	0,003037	1,000000	1,000000	1,000000	0,053573
Ta1	1,000000	0,037354	0,000000	0,004910	1,000000	0,000000	0,040481	1,000000	0,000000	0,011324	1,000000	1,000000	1,000000
Ta8	0,000000	0,003334	1,000000	0,026497	0,000000	1,000000	0,003037	1,000000	1,000000	0,011977	0,000000	0,000001	0,000000
Ta4	1,000000	1,000000	0,000017	1,000000	0,017251	0,279442	1,000000	0,011324	0,011977	1,000000	1,000000	1,000000	0,015344
Ta11	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000034	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta7	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000135	1,000000	1,000000	0,000001	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta2	1,000000	0,049510	0,000000	0,006751	1,000000	0,000000	0,053573	1,000000	0,000000	0,015344	1,000000	1,000000	1,000000

Multiple Comparisons p values (2-tailed): Anthocian (Au_PE_viv23 sta)													
Independent (grouping) variable: Tratamiento													
Kruskal-Wallis test: H (12, N= 1365) =231,4141 p =0,000													
Depend.: Anthocian	C	Ta12	Ta9	Ta5	Ta3	Ta6	Ta10	Ta1	Ta8	Ta4	Ta11	Ta7	Ta2
	R:624,29	R:686,07	R:1018,3	R:680,78	R:498,33	R:866,41	R:703,97	R:514,56	R:893,17	R:691,79	R:618,44	R:595,74	R:487,16
C	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000668	1,000000	1,000000	0,000060	1,000000	1,000000	1,000000	0,913542
Ta12	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,043582	0,071493	1,000000	0,126266	0,010977	1,000000	1,000000	1,000000	0,019964
Ta9	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,408752	0,000001	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Ta5	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,062209	0,050264	1,000000	0,175400	0,007376	1,000000	1,000000	1,000000	0,029038
Ta3	1,000000	0,043582	0,000000	1,000000	0,062209	0,000000	0,012237	1,000000	0,000000	0,029359	1,000000	1,000000	1,000000
Ta6	0,000668	0,071493	0,408752	0,050264	0,000000	1,000000	0,220522	0,000000	1,000000	0,103626	0,000403	0,000051	0,000000
Ta10	1,000000	1,000000	0,000001	1,000000	0,012237	0,220522	1,000000	0,038888	0,039426	1,000000	1,000000	1,000000	0,005258
Ta1	1,000000	0,126266	0,000000	0,175400	1,000000	0,000000	0,038888	1,000000	0,000000	0,087606	1,000000	1,000000	1,000000
Ta8	0,000060	0,010977	1,000000	0,007376	0,000000	1,000000	0,039426	1,000000	1,000000	0,016707	0,000034	0,000004	0,000000
Ta4	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,029359	0,103626	1,000000	0,087606	0,016707	1,000000	1,000000	1,000000	0,013177
Ta11	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000403	1,000000	1,000000	0,000034	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta7	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000051	1,000000	1,000000	0,000004	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta2	0,913542	0,019964	0,000000	0,029038	1,000000	0,000000	0,005258	1,000000	0,000000	0,013177	1,000000	1,000000	1,000000

Multiple Comparisons p values (2-tailed): NBI (Au_PE_viv23 sta)													
Independent (grouping) variable: Tratamiento													
Kruskal-Wallis test: H (12, N= 1365) =88,81970 p =,0000													
Depend.: NBI	C	Ta12	Ta9	Ta5	Ta3	Ta6	Ta10	Ta1	Ta8	Ta4	Ta11	Ta7	Ta2
	R:616,72	R:711,45	R:836,28	R:751,40	R:541,62	R:785,82	R:683,64	R:599,55	R:822,19	R:726,89	R:617,50	R:643,89	R:542,03
C	1,000000	1,000000	0,004245	1,000000	1,000000	0,146773	1,000000	1,000000	0,012393	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta12	0,004245	1,000000	1,000000	1,000000	0,140258	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,143886
Ta9	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,000005	1,000000	0,391615	0,001055	1,000000	1,000000	0,004511	0,031638	0,000005
Ta5	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,008994	1,000000	1,000000	0,409748	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,009275
Ta3	1,000000	0,140258	0,000005	0,008994	1,000000	0,000559	0,705179	1,000000	0,000020	0,051521	1,000000	1,000000	1,000000
Ta6	0,146773	1,000000	1,000000	1,000000	0,000559	1,000000	0,048144	1,000000	1,000000	0,154018	0,708434	0,000579	0,000579
Ta10	1,000000	1,000000	0,391615	1,000000	0,705179	1,000000	1,000000	1,000000	0,848227	1,000000	1,000000	1,000000	0,720852
Ta1	1,000000	1,000000	0,001055	0,409748	1,000000	0,048144	1,000000	1,000000	0,003330	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta8	0,012393	1,000000	1,000000	1,000000	0,000020	1,000000	0,848227	0,003330	1,000000	1,000000	0,013122	0,081718	0,000020
Ta4	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,051521	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,052960
Ta11	1,000000	1,000000	0,004511	1,000000	1,000000	0,154018	1,000000	1,000000	0,013122	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta7	1,000000	1,000000	0,031638	1,000000	1,000000	0,708434	1,000000	1,000000	0,081718	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ta2	1,000000	0,143886	0,000005	0,009275	1,000000	0,000579	0,720852	1,000000	0,000020	0,052960	1,000000	1,000000	1,000000

Anexo XIII – Observação das plantas e raízes a 22/07/2023 (após 92 dias) nos tratamentos com plantas sobreviventes (Ta4 a Ta12).



Ta5 – endomicorrizas+ Copolymer fertilisant																											
<table> <tr> <th colspan="2">C/controlo Agroblen 14:12:9 +3MgO+ 0,1B (8-9 meses) +P₂O₅</th></tr> <tr><td colspan="2">Ta1 – ectomicorizas</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta2 – endomicorrizas</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta3 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta4 – ectomicorizas + Copolymer fertilisant (2g/planta)</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta5 – endomicorrizas+ Copolymer fertilisant</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta6 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Copolymer fertilisant</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta7 – ectomicorizas + Hidroretentor seco (2g/planta)</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta8 – endomicorrizas+ Hidroretentor seco</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta9 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Hidroretentor seco</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta10 – ectomicorrizas + Hidroretentor seco + 25%P2O5</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta11 – endomicorrizas+ Hidroretentor seco + 25%P2O5</td></tr> <tr><td colspan="2">Ta12 – caldo esporal (Pt; Scl.)+ Hidroret. seco + 25%P2O5</td></tr> </table>		C/controlo Agroblen 14:12:9 +3MgO+ 0,1B (8-9 meses) +P ₂ O ₅		Ta1 – ectomicorizas		Ta2 – endomicorrizas		Ta3 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)		Ta4 – ectomicorizas + Copolymer fertilisant (2g/planta)		Ta5 – endomicorrizas+ Copolymer fertilisant		Ta6 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Copolymer fertilisant		Ta7 – ectomicorizas + Hidroretentor seco (2g/planta)		Ta8 – endomicorrizas+ Hidroretentor seco		Ta9 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Hidroretentor seco		Ta10 – ectomicorrizas + Hidroretentor seco + 25%P2O5		Ta11 – endomicorrizas+ Hidroretentor seco + 25%P2O5		Ta12 – caldo esporal (Pt; Scl.)+ Hidroret. seco + 25%P2O5	
C/controlo Agroblen 14:12:9 +3MgO+ 0,1B (8-9 meses) +P ₂ O ₅																											
Ta1 – ectomicorizas																											
Ta2 – endomicorrizas																											
Ta3 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)																											
Ta4 – ectomicorizas + Copolymer fertilisant (2g/planta)																											
Ta5 – endomicorrizas+ Copolymer fertilisant																											
Ta6 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Copolymer fertilisant																											
Ta7 – ectomicorizas + Hidroretentor seco (2g/planta)																											
Ta8 – endomicorrizas+ Hidroretentor seco																											
Ta9 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Hidroretentor seco																											
Ta10 – ectomicorrizas + Hidroretentor seco + 25%P2O5																											
Ta11 – endomicorrizas+ Hidroretentor seco + 25%P2O5																											
Ta12 – caldo esporal (Pt; Scl.)+ Hidroret. seco + 25%P2O5																											



Ta6 – caldo esporal (Pt; Scleroderma)+ Copolymer fertilisant

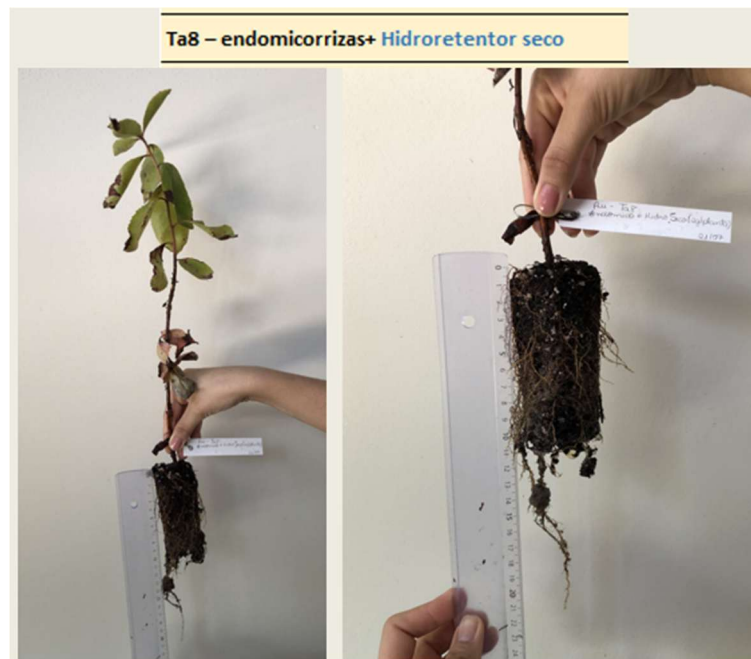


Ta7 – ectomicorizas + Hidroretentor seco (2g/planta)



Ta7 – ectomicorizas + Hidroretentor seco (2g/planta)





Ta10 – ectomicorizas + Hidroretentor seco + 25%P2O5



Ta11 – endomicorizas+ Hidroretentor seco + 25%P2O5



Ta12 – caldo esporal (Pt; Scl.)+ Hidroret. seco + 25%P2O5

