

Projeto iPlant:

“Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais”
(2019-2021)

Participações em fóruns públicos no decurso do projeto



RAIZ
Forest and Paper Research Institute



Co financiado por



Participações em fóruns públicos no decurso do projeto iPlant

Um dos deliverables do iPlant corresponde à compilação dos eventos públicos decorridos ao longo do projeto, incluindo a documentação associada.

Nesta matéria, o projeto ficou aquém do esperado, tendo havido baixo número de atividades de divulgação tecnológica e eventos técnico-científicos, principalmente devido a dois aspetos:

- Alguns atrasos no fecho de atividade, arrastando mais para o final do projeto a entrega de resultados consolidados, deixando pouco espaço para a divulgação dentro do timing previsto no projeto
- Ocorrência da situação pandémica nos últimos dois anos, coincidindo com a fase de divulgação do projeto.

O projeto esteve representado num congresso no ano de 2021. Abaixo encontram-se listados os documentos referentes ao Congresso Internacional de Floresta, Pasta e Papel da TECNICELPA (XXV TECNICELPA 2021), que decorreu entre 09 e 12 de março 2021. Foram elaborados apresentados três posters, com respetivos textos técnicos para integrar os anais do congresso, perfazendo um total de 5 anexos, Anexo 1 a Anexo 6.

Anexo 1	Poster XXV TECNICELPA 2021 iPlant – The effect of artificial led lighting in eucalyptus clonal plant production	Daniela Dinis, Joana Costa, Nuno Borralho
Anexo 2	Artigo completo XXV TECNICELPA 2021 iPlant – The effect of artificial led lighting in eucalyptus clonal plant production	Daniela Dinis, Joana Costa, Nuno Borralho
Anexo 3	Poster XXV TECNICELPA 2021 Produção clonal de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. sob influência de diferentes espectros de luz	Rute C. Nogueira, Luís Fontes, Mário Louro, Luís C. Leal, Ivone Neves
Anexo 4	Artigo completo XXV TECNICELPA 2021 Produção clonal de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. sob influência de diferentes espectros de luz	Rute C. Nogueira, Luís Fontes, Mário Louro, Luís C. Leal, Ivone Neves
Anexo 5	Poster XXV TECNICELPA 2021 Substratos para a produção clonal de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Rute C. Nogueira, Luís Fontes, Mário Louro, Luís C. Leal, Ivone Neves
Anexo 6	Artigo completo XXV TECNICELPA 2021 Substratos para a produção clonal de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Rute C. Nogueira, Luís Fontes, Mário Louro, Luís C. Leal, Ivone Neves

Em agosto de 2021 foi elaborado um texto sobre o projeto para a Newsletter Compete 2020, explicitando os detalhes do projeto, quer em termos de objetivos específicos quer na sua natureza de consórcio, bem como a importância do projeto e do seu financiamento (Deliverable 5.2); <https://www.compete2020.gov.pt/noticias/detalhe/33507-iPLANT-NL313-0608202>).

Anexo 7	<p>Texto para a Newsletter Compete 2020</p> <p>Projeto 33507</p> <p>Título: iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais.</p>	Equipa iPlant
---------	--	---------------

O projeto iPlant foi divulgado na feira Agroglobal, através da sua integração no *stand* do RAIZ (Figura 1). A feira teve lugar no parque de Valada, Santarém, nos dias 7, 8 e 9 setembro de 2021. Para tal, foram impressos os *flyers* promocionais do projeto, bem como colocadas em divulgação algumas das plantas em estudo no projeto e o sistema aeroponics, em pleno funcionamento para exemplificar este possível novo método de propagação de plantas que se encontra em estudo.



Figura 1. Stand do RAIZ na feira da Agroglobal, em setembro 2021 (foto em baixo) e aspeto dos materiais relativos ao projeto iPlant (fotos de cima).

Em novembro 2021 foi publicado um artigo de técnico na série editorial info Tecnicelpa, no número 67, divulgando o projeto iPlant por parte do parceiro Altri (Deliverable 5.2; <https://en.calameo.com/read/00666245670816032612c>). Este artigo detalha os estudos desenvolvidos nos viveiros do Furadouro, principalmente no que respeita ao uso de luzes artificiais na produção de rebentos dos pés-mãe, testes de enraizamento e sistema aeroponics.

Anexo 8	<p>Texto para a info Tecnicelpa n. 67</p> <p><i>iPLANT – projeto de inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto</i></p>	Rute C. Nogueira, Luís Fontes, Mário Louro, Luís C. Leal, Ivone Neves
---------	---	---

Está previsto o projeto estar representado em pelo menos um congresso no ano de 2022. Foi preparado e submetido um abstract para o XV Portuguese-Spanish Symposium on Plant Water Relations a realizar-se de 26 a 28 de Janeiro de 2022. No seguimento das restrições da Covid-19, está previsto este evento ser exclusivamente online (<https://waterrelationslisbon2022.com>).

Anexo 9	<p>Abstract XV Portuguese-Spanish Symposium on Plant Water Relations (2022)</p> <p><i>Leaf abscission patterns of Eucalyptus globulus clones in response to drought</i></p>	Costa-e-Silva, F, Pinto, CA, Correia, AC, Rodrigues, A, Araújo, JA, Costa, J, Borralho, N, Fontes, L, David, TS
---------	---	---

Anexo 1

IPLANT - THE EFFECT OF ARTIFICIAL LED LIGHTING IN EUCALYPTUS CLONAL PLANT PRODUCTION

Daniela F.P. Dinis¹, Joana Costa¹, Nuno Borralho²

¹RAIZ, Herdade de Espirra, 2985-270 Pegões, Portugal, daniela.dinis@thenavigatorcompany.com, tlm 963917755

²RAIZ, Quinta de S. Francisco, Apartado 15, 3801-501 Eixo

INTRODUCTION

The iPlant - "Innovation in the identification and production of improved eucalyptus plants to face current challenges" is a project aiming to increase the value and productivity of portuguese eucalypt forest, founded on a partnership. One of its main objectives is the development and improvement of an operational cloning production system to increase the amount of clonal improved plants available in the national market. In the clonal system by mini cuttings there are two essential factors to maximize in the production of the mini clonal garden: the shoot productivity of mother plants and rooting capacity of genetic material. *Eucalyptus globulus* is one of the most important planted forest species in the world and the sustainable production of wood is one of the success factors in the competitiveness of the national pulp and paper industry. The use of artificial lights (LED's) can enhance the productivity and quality of shoots, being the subject of this study.

THE OBJECTIVES WERE

- 1 To evaluate if the productivity of the mother-plants depends on the influence of light, natural or artificial
- 2 To evaluate if there are differences in the survival and rooting of the cuttings depending on the type of light, natural or artificial

MATERIALS AND METHODS

Greenhouse of RAIZ, located in Herdade de Espirra, Pegões

Seven clones (*E. globulus* and hybrids) were tested in mini cutting monthly for 11 months, for all treatments

Three treatments tested:

- SUNLIGHT
- LED AP673L (VALOYA)
- LED DR/W/FR (PHILIPS)

LED's with the same photoperiod

Cuttings and mother-plants kept under climate controlled conditions

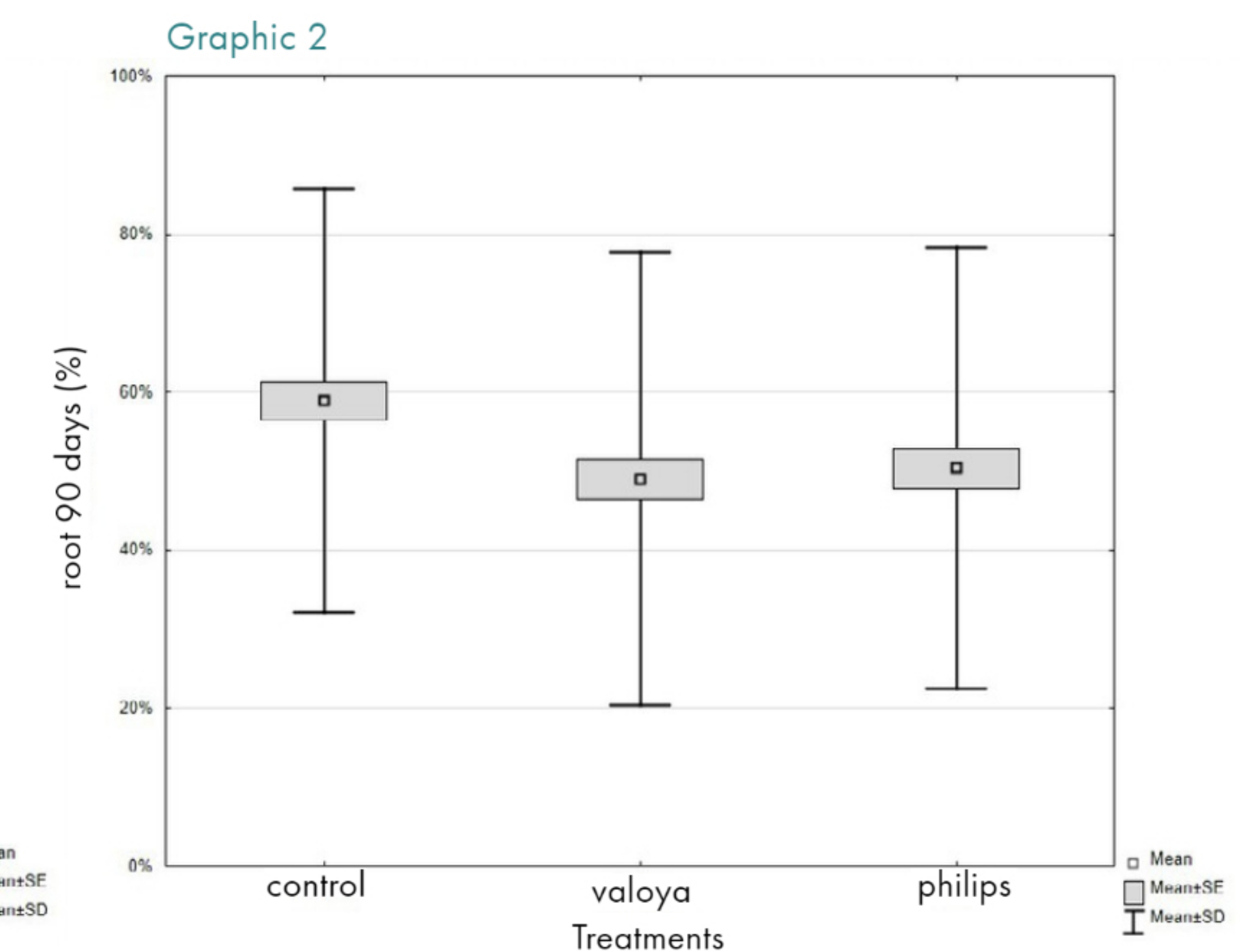
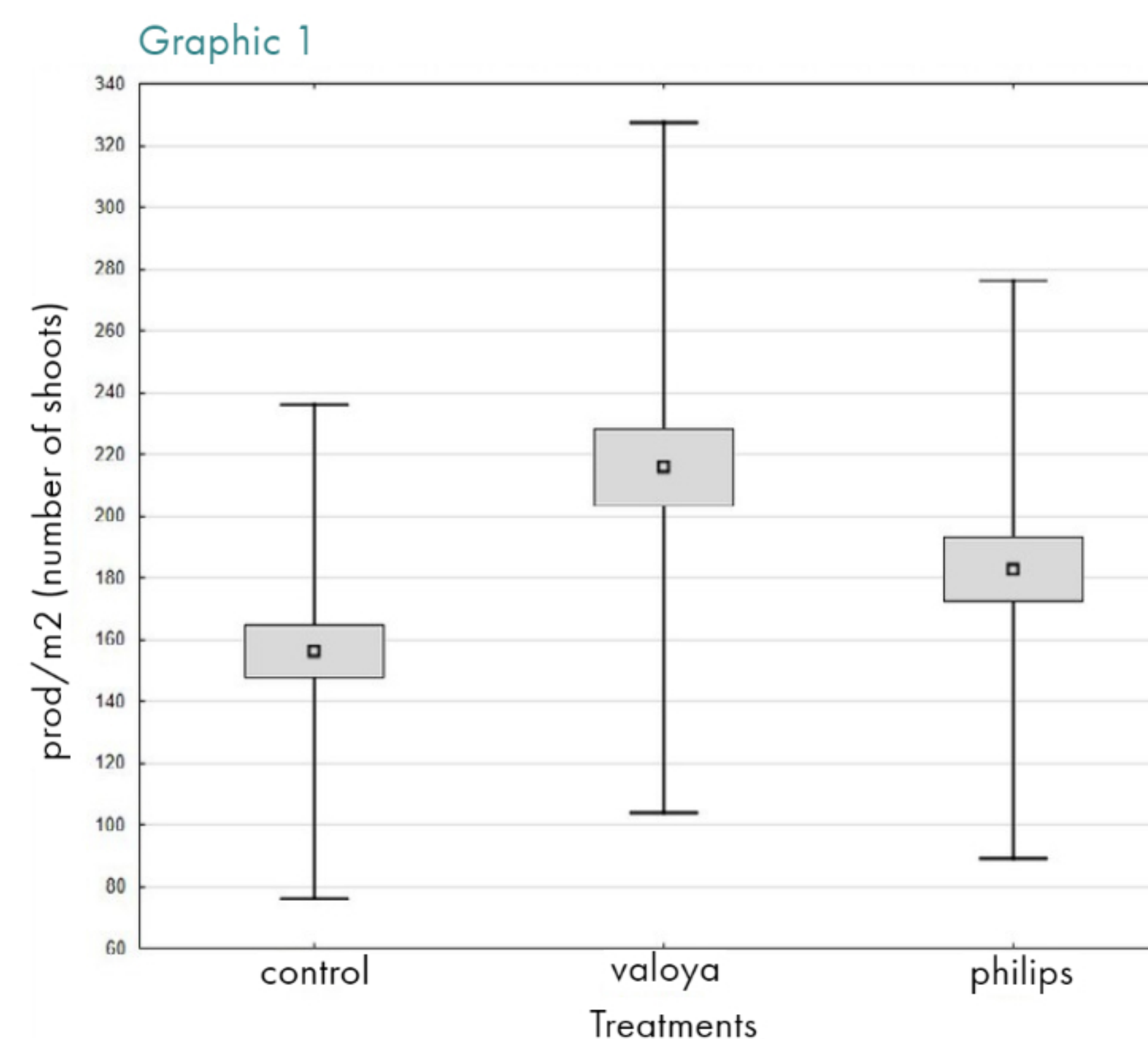
TRIAL MONITORING
Productivity of mother-plants, cuttings survival at 30 days and rooting at 90 days were evaluated



RESULTS AND CONCLUSIONS

The study indicated a positive effect of artificial lights (mainly Valoya) on the productivity of all clones (Graph 1). The best response to this effect occurred in the hybrids. However, the lights were less favorable on survival and rooting of cuttings.

In survival, there were no significant differences between the treatments and in rooting, the lights showed a negative effect on most of the tested clones (Graph 2) with the control having better results.



Potential for plant production

Plant produced per square meter per year of each treatment, based on the size of the mini garden: the Valoya treatment resulted in a 20% higher yield compared to the other treatments.

Although LED lights are not favorable for rooting, they result in higher plant per square meter. However, economics of production was not included in the study.

Anexo 2

IPLANT – THE EFFECT OF ARTIFICIAL LED LIGHTING IN *EUCALYPTUS* CLONAL PLANT PRODUCTION

Daniela F.P. Dinis^{1*}, Joana Costa¹, Nuno Borralho²;

¹ RAIZ, Herdade de Espirra, 2985-270 Pegões, Portugal, daniela.dinis@thenavigatorcompany.com, tlm 963917755

² RAIZ, Quinta de S. Francisco, Apartado 15, 3801-501 Eixo

ABSTRACT

The *iPlant* - "*Innovation in the identification and production of improved eucalyptus plants to face current challenges*" is a project aiming to increase the value and productivity of Portuguese eucalypt forest, founded on a partnership. One of its main objectives is the development and improvement of an operational cloning production system to increase the amount of clonal improved plants available in the national market.

The experimental design of the work here presented aims to optimize the mother plants productivity of a clonal garden and the survival and rooting capacity of the cuttings of seven eucalyptus clones (*E. globulus* and hybrids). Different types of lights were tested: LED artificial lighting with different incidence radiations versus sunlight.

The results indicated that artificial lighting has a positive effect in increasing the productivity of the mother-plants. The productivity was also dependent of the clone and the quarter of the year, with spring being the most productive season. Regarding the effect of lighting on the survival and rooting of the cuttings, the results were negative for the artificial lighting. The success of survival and rooting is also dependent on the clone, as there are genetic materials with better capacity for these two characteristics.

KEY WORDS: Eucalypt clones, Cloning system, LED lighting, Productivity, Rooting

INTRODUÇÃO

O *iPlant* - "*Innovation in the identification and production of improved eucalyptus plants to face current challenges*" é um projeto que visa aumentar o valor e a produtividade da floresta de eucalipto em Portugal, assente numa parceria entre o INIAV, The Navigator Company, Viveiros Furadoro, ISA e RAIZ. Um dos principais objetivos é a melhoria do sistema operacional de produção de clonagem, e desenvolvimento de novas técnicas, de forma a aumentar a quantidade de planta melhorada disponível no mercado nacional, selecionada entre os melhores materiais genéticos disponíveis no RAIZ e Altri Florestal.

Eucalyptus globulus, nativo da Austrália, é uma das espécies florestais plantadas mais importantes em todo o mundo [1], e em Portugal, uma vez que apresenta adaptabilidade ao território nacional, elevada taxa de crescimento nalgumas condições edafoclimáticas e qualidade da madeira de excelência para a produção de pasta e de papel. É a espécie de eucalipto mais plantada no país [2], ocupando 9% da área florestal, que representa 35% do território nacional. Esta espécie existe em Portugal e na Europa desde a segunda metade do século XX [3] e a sua produção sustentável de madeira é um dos fatores de sucesso necessários para a competitividade da indústria nacional de pasta e papel [2].

Um dos processos utilizados para produção de planta de eucalipto é a clonagem, o qual garante a manutenção plena de características da planta-mãe elite selecionada, refletindo-se posteriormente na implementação de talhões uniformes de elevada produtividade [4]. No entanto, muitas espécies de eucalipto são recalcitrantes ao enraizamento o que dificulta a propagação clonal em escala comercial

[5]. A propagação clonal do eucalipto pode ser realizada por macro ou mini estacaria. A técnica de mini estacaria, que corresponde à técnica utilizada neste estudo, apresenta vantagens tais como um menor custo de manutenção do mini jardim clonal e do transporte e processamento dos rebentos, um maior controlo no sistema de rega e nutrição dos pés-mãe, menores variações sazonais, um elevado grau de rejuvenescimento dos rebentos, entre outros [4].

Na propagação clonal do eucalipto por mini estacaria há dois fatores essenciais a maximizar na produção do mini jardim clonal: i) a produtividade de rebentos dos pés-mãe (rebentos úteis por m²), que varia conforme o material genético, idade dos pés-mãe e sazonalidade [4], sendo este fator o principal indicador de qualidade de um jardim clonal (sendo essencial a existência de controlo ambiental na estufa), e ii) a capacidade de enraizamento do material genético, em que a rizogénese em rebentos está intimamente ligada ao seu estado fisiológico [6]. O enraizamento é a etapa mais crítica no sucesso de produção da planta, sendo necessário nos primeiros 30 dias assegurar condições ambientais favoráveis às estacas, como elevada humidade e temperatura moderada, promovendo uma baixa mortalidade até que ocorra a emissão de raízes adventícias. Esta primeira fase é seguida de outra em que se reduzem os níveis de humidade para promover o crescimento das raízes, ainda no mesmo ambiente (estufa de enraizamento), acrescentando ao processo mais 20 a 30 dias, dependendo da altura do ano (e das condições da própria estufa). Após este período, as plantas são colocadas numa casa de sombra ou estufa de atempamento, promovendo as trocas gasosas e o desenvolvimento da parte aérea, até que estejam prontas para serem plantadas no terreno. Desta forma, toda a tecnologia que vise maximizar a produtividade e qualidade dos rebentos e o seu enraizamento vai favorecer a qualidade e produtividade dos clones em viveiro, levando ao estudo neste caso, da utilização de diferentes fontes de iluminação (luz artificial e natural). O uso de iluminação artificial na produção de plantas tem um papel fundamental, uma vez que possibilita a existência de fotoperíodos alargados, com consequente aumento da produtividade de rebentos, sendo que a tecnologia de diodo emissor de luz (LED) está em crescimento pelas suas vantagens, tais como um período de vida mais longo e uma emissão mínima de calor permitindo uma proximidade às plantas [7]. Foram usados dois tipos de LEDs, o AP673L (azul moderado, vermelho intenso) da marca Valoya e o DR/W/FR (vermelho profundo, branco e vermelho distante) da marca Philips.

Os objetivos do presente estudo foram: 1) avaliar se a produtividade dos pés-mãe depende da influência de luzes, natural ou artificial e 2) avaliar se há diferenças na sobrevivência e enraizamento das estacas dependendo do tipo de luz, natural ou artificial (LEDs Valoya e Philips).

PARTE EXPERIMENTAL

Local de estudo: instalação do mini jardim clonal e tratamentos aplicados

O mini jardim clonal deste estudo foi instalado numa estufa, equipada com sistema de arrefecimento (usualmente designado de sistema de *cooling*), tecnologia para monitorização ambiental (sondas e *software* para medição de temperatura, luminosidade, humidade do ar) e sistema de fertirrega de controlo da solução nutritiva fornecida aos pés-mãe. A estufa encontra-se localizada nas instalações do RAIZ, na Herdade de Espirra, Pegões (distrito de Setúbal, Portugal). Foram selecionados sete clones para a implementação do ensaio (Tabela 1): quatro com proveniência RAIZ (planta *E. globulus* identificada no estudo com os códigos RZ1 e RZ3; planta híbrida, códigos RZ2 e RZ4) e três com proveniência Altri Florestal (planta *E. globulus*, códigos ALT1, ALT2 e ALT3).

Para a instalação do ensaio foram utilizados três canteiros de alumínio, cada um com 5,7m de comprimento e 0,83m de largura, com uma área útil de 4,36 m², preenchidos com substrato de areia grosseira lavada (com facilidade de drenagem média e capacidade de retenção de água). A instalação da planta nos canteiros ocorreu no mês de abril de 2019. Em termos de material genético, disposição do mesmo, espaçamento da planta (0,1m x 0,13m) e número de pés-mãe instalados por clone (Tabela 1), os três canteiros constituem réplicas completas.

Tabela 1. Espécies de eucalipto em estudo e dimensão do mini jardim clonal.

Clones	Material genético	Nºpés-mãe/linha	Nºpés-mãe/canteiro	Área clone m^2	Nºpés-mãe no ensaio experimental
RZ1	<i>E. globulus</i>	8	48	0.59	144
RZ2	<i>E. grandis</i> x <i>E. globulus</i>	8	48	0.59	144
RZ3	<i>E. globulus</i>	8	48	0.59	144
RZ4	<i>E. saligna</i> x <i>E. rudis</i>	9	54	0.67	162
ALT1	<i>E. globulus</i>	9	54	0.67	162
ALT2	<i>E. globulus</i>	8	48	0.59	144
ALT3	<i>E. globulus</i>	8	48	0.59	144
Total			348	4.29	1044

As variáveis climáticas foram monitorizadas (período de outubro de 2019 a julho de 2020), procurando assegurar valores de referência para a estufa de mini jardim clonal, sendo necessário bom arejamento e baixa humidade assim como temperatura do ar na faixa ótima entre os 25°C e 30°C durante o dia. A solução nutritiva fornecida aos pés-mãe teve uma frequência diária de cinco vezes, e um débito diário de 11,5 L/m² (Tabela 2). O estado nutricional das plantas foi acompanhado por diagnóstico visual e análises químicas foliares, bem como por registo de parâmetros como temperatura, pH e condutividade elétrica (CE $\mu S/cm$) em amostras de lixiviado e solo.

Para ensaiar o efeito da luz nos pés-mãe foram instaladas luzes LED, AP673L da marca Valoya e DR/W/FR da marca Philips. Um dos canteiros tem presente apenas luz solar existente, sem qualquer luz artificial e funciona como controlo no ensaio, designado como tratamento T0; o espectro da Valoya foi instalado num dos outros canteiros disponíveis, a cerca de 0,70 m de altura dos pés-mãe, sendo designado por T1, e o espectro da Philips instalado num outro canteiro a cerca de 1,70 m de altura, sendo o T2 (Fig. 1). As luzes estiveram em funcionamento com um fotoperíodo de 12h de luz (05h00 às 08h30 e das 13h00 às 21h30) e foram ligadas em junho de 2019, ainda durante o período de formação dos pés-mãe.

Tabela 2. Composição da solução nutritiva básica para a fertirrega do mini jardim clonal.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
<i>Elemento (ppm)</i>	144.1	22.7	123.5	153.9	31.8	2.4	0.31	0.06	0.40	1.00	0.04



Figura 1. Disposição dos tratamentos no mini jardim clonal: a) tratamento controlo (T0) sem influência de luzes LED; b) tratamento com luzes LED valoya (T1); c) tratamento com luzes LED Philips (T2).

Delineamento do ensaio

As estacarias usadas nos testes foram colhidas com uma frequência de uma a duas vezes por mês, no período de 11 meses, tendo sido realizadas podas dos pés-mãe para controlo de produtividade sempre que necessário. Em cada data de estacaria, os clones foram amostrados para os três tratamentos, com um número de estacas (n) tendencialmente igual entre tratamentos e estacarias (Tabela 3). Para obter valores de produtividade do mini jardim (por m²), os pés-mãe dos diferentes clones foram mensalmente podados, retirando e contabilizando os rebentos úteis para produção de estacas.

Tabela 3. Número de ensaios (estacarias) com número de estacas por ensaio (n) realizados de agosto de 2019 a julho de 2020 para os sete clones e três tratamentos em estudo.

(1)	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	mai	jun	jul
(2)	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n	dia/n
RZ1	01/30	09/30	01/30	04/30	09/30	10/30	03/30	11/30	06/30	22/30	14/30
	20/21	18/30	10/30	13/30	18/30	-	12/30	-	-	-	-
RZ2	06/30	03/30	15/30	04/30	05/30	06/30	03/30	11/30	14/30	01/30	08/30
	22/30	23/30	24/30	14/30	16/30	-	17/30	-	-	18/30	-
RZ3	14/22	10/30	07/30	07/30	10/30	14/30	17/30	11/30	14/30	01/30	06/30
	30/30	26/30	25/30	26/30	19/30	30/30	26/30	-	-	18/30	-
RZ4	14/8	02/30	10/30	06/30	05/30	14/30	10/21 ^(b)	11/30	-	03/30	06/30
	23/26	26/30	21/30	20/30	18/30	29/30	20/30	-	-	-	-
ALT 1	13/30	10/30	10/30	11/30	03/30	14/30	10/26 ^(c)	11/28 ^(e)	-	03/30	14/30
	30/30	18/30	24/30	21/30	16/30	29/30	20/30	-	-	-	-
ALT 2	13/23	12/30	04/30	11/30	03/30	14/30	10/22 ^(d)	12/30 ^f	-	15/30	15/30
	30/30	23/30	24/30	20/30	12/30	29/30	21/30	-	-	-	-
ALT 3	06/22	12/30	01/30	07/30	03/30	10/30	06/30	12/30	05/30	15/30	15/30
	13/18	25/30 ^(a)	21/30	19/30	11/30	29/30	21/30	-	-	-	-

(1)– meses de amostragem; (2) – dia do ensaio no mês respetivo e número de estacas por estacaria; (a) – T0 com n=26; (b-e) - n variável entre tratamentos (14 a 30); (f) – T2 com n=29..

Gestão do mini jardim e propagação através de miniestacas

Após quatro meses da data de instalação e primeira poda de formação dos pés-mãe (com cerca de 0,25 m de altura), tiveram início as primeiras estacarias com material proveniente dos diferentes tratamentos.

Os rebentos de cada combinação de clone/tratamento/estacaria foram colhidos no período da manhã para o interior de caixas térmicas devidamente identificadas. Após o término da colheita de rebentos na estufa do mini jardim, o processo de estacaria foi realizado em condições controladas no interior da estufa de enraizamento, ainda no período da manhã. As miniestacas (ou média estacas, de acordo com o material colhido), foram mergulhadas em IBA a 2500 ppm durante cinco segundos após corte em bisel na base e colocadas em substrato Eucamix (60:40 de turfa:perlite) + Osmocote 2kg/m³ 2-7-18+TE, levando na superfície uma fina camada de vermiculite. Nos primeiros 60 dias após a data da estacaria as estacas permaneceram no interior da estufa de enraizamento, em condições climáticas controladas de temperatura e humidade, com regulação da frequência e tempo de regas através do software SMonitor (monitorização através de sondas, com registo a cada 30 minutos no período de outubro de 2019 a julho de 2020). Nos primeiros 30 dias, foram assumidos como valores de referência o VPD (vapour-pressure deficit) entre 0,2 e 0,5 kPa, a temperatura entre 25-30°C e a humidade relativa

do ar (HR) de 80-95% no verão; no inverno é possível assegurar valores de VPD adequados com temperaturas entre os 15-20°C e humidade entre 70-85%; entre os 30 e 60 dias, a frequência de rega foi diminuída e os valores referência para o VPD devem ser ligeiramente superiores situando-se entre 0,8 e 0,9 kPa e humidade relativa entre 40- 60%. Após este período, as estacas foram colocadas na casa de sombra ou estufa de atempamento, dependendo da altura do ano.

Monitorização dos ensaios e análise de dados

A sobrevivência das plantas foi avaliada aos 30 dias (sob) na estufa de enraizamento e o enraizamento avaliado aos 90 dias (root) na estufa de atempamento/casa de sombra, usando as seguintes equações (1) e (2), respetivamente. A produtividade de cada clone (rebentos úteis) foi calculada mensalmente através da equação (3) e a quantidade de planta retirada por m² através da equação (4):

$$\text{Sob30\%} = (S/n) \times 100 \quad (1)$$

Na Eq.(1), Sob30% é a percentagem de sobrevivência das plantas, *S* é o número de estacas sobreviventes e *n* o número inicial de estacas em cada clone/tratamento/estacaria.

$$\text{Root90\%} = (E/S) \times 100 \quad (2)$$

Na Eq. (2), Root90% é a percentagem de enraizamento das plantas, *E* é o número de plantas enraizadas aos 90 dias e *S* é o número de sobreviventes aos 30 dias.

$$\text{Prod m}^2 = R \times A \quad (3)$$

Na Eq. (3), Prod m² é a quantidade de rebentos úteis produzidos por m², *R* é o número de rebentos úteis e *A* a área ocupada por cada clone, expressa em m².

$$\text{PIProd/m}^2 = \text{Prod m}^2 \times \text{Root90} \quad (4)$$

Na Eq. (4), PIProd/m² é a quantidade de planta enraizada produzida por m².

Os dados mensurados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks e Lilliefors (*p* <0,05) para suposições de normalidade. Foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%, para verificar diferenças significativas entre tratamentos. Realizou-se análise de correlação de Spearman (*p*<0,05) dos dados ambientais com as variáveis mensuradas. Foi utilizado software de estatística da TIBCO software Inc.version 13.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade do mini jardim clonal em produzir rebentos úteis para estacas depende do tipo de tratamento a que os pés-mãe estão sujeitos e do material genético. Relativamente ao tipo de tratamento (efeito das luzes na produtividade), o controlo foi estatisticamente diferente do tratamento “valoya” (*p*<0,01) e apresentou uma menor variação de valores comparativamente aos restantes tratamentos.

Em termos de capacidade de produção de rebentos/m², a média global do jardim clonal foi de 185 rebentos/m² ao mês. A ordem entre os tratamentos foi (média do ensaio): valoya, com uma média de 216 rebentos/m²; seguida das luzes philips, com uma média de 183 rebentos/m² e, por fim, o controlo, com uma média de 156 rebentos/m².

Dos sete clones em estudo, os híbridos (RZ2 e RZ4) apresentaram valores de produtividade superiores aos *globulus* e o ALT3 só não foi significativamente diferente do RZ1 (*p*<0,05). Em todos os materiais genéticos testados, a produtividade mensal foi superior nos tratamentos com luzes artificiais (Fig.2 a). Para além dos fatores tratamento e clone, a estação do ano também influenciou a produtividade (*p*<0,01), havendo diferenças significativas entre a primavera e o outono/inverno, sendo a primeira mais produtiva (Fig.2b).

Em termos mensais, a produção média por m² dos clones testados foi: RZ2, com 239 rebentos; RZ4, com 234 rebentos; RZ3, com 202 rebentos; ALT1, com 195 rebentos; ALT2, com 168 rebentos; RZ1

com 145 rebentos e ALT3, com 112 rebentos.

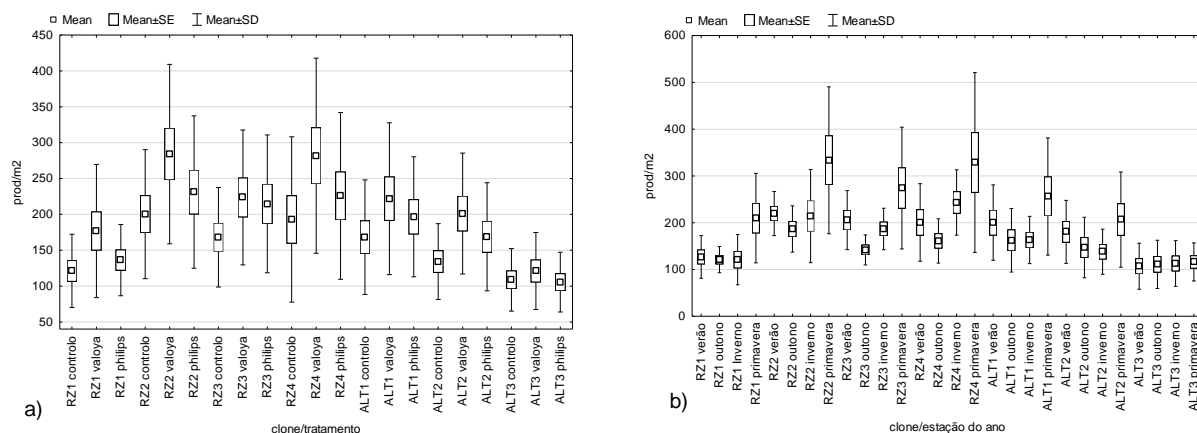


Figura 2. Boxplot para identificar diferenças na produtividade mensal/m² (nº rebentos produzidos) de cada clone: a) efeito do tratamento, significativo ($p<0,05$); b) efeito da estação do ano, significativo ($p<0,05$).

É desejável que as condições climáticas na estufa sejam sempre ótimas, mantendo níveis constantes de variáveis de referência, como referido anteriormente. Deste modo, foi relacionada a produtividade dos pés-mãe com as condições climáticas no interior da estufa do mini jardim, tendo sido verificado que houve uma correlação negativa com as estações do ano e a humidade (Tabela 4). Isto é, nos meses em que se verificou uma maior temperatura e disponibilidade de radiação solar e menor humidade relativa no interior da estufa, ocorreram melhores condições para o desenvolvimento de rebentos. Não obstante este facto, a correlação obtida é fraca entre as variáveis, o que permite inferir que estas variáveis já não carecem de grande ajuste e que a relação com a produtividade poderá estar relacionada sobretudo com o fotoperíodo existente entre estações do ano.

Tabela 4. Correlação de Spearman para produtividade mensal por m² (prod/m², diferentes estações do ano (EA), radiação média solar (RD MED), temperatura média do ar (T MED), humidade média relativa do ar (HR MED e VPD médio (VPD MED). Dados climatéricos referentes ao interior da estufa do mini jardim clonal.

Variável	EA	RD MED	T MED	HR MED	VPD MED
Prod/m ²	-0.1066 ^{ns}	0.2009*	0.1257 ^{ns}	-0.1657*	0.1428*

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5%; * Valor significativo ao nível de 5%.

A sobrevivência das estacas aos 30 dias apresentou valores elevados (superiores a 75%) em todos os tratamentos testados (Fig.3 a), não havendo diferenças significativas ($p=0,0784$) entre os mesmos. Quando comparado o efeito das luzes na sobrevivência em cada clone (Fig.3 b) é possível concluir que há diferenças significativas ($p<0,05$). O controlo teve menor dispersão de valores na maioria dos clones, apresentando melhores resultados no sucesso deste parâmetro, tendo sido superior aos restantes tratamentos.

Relativamente ao enraizamento aos 90 dias, o valor médio do ensaio foi de cerca de 53%, tendo sido verificadas diferenças significativas entre tratamentos ($p<0,01$). O controlo destacou-se pela positiva no sucesso do enraizamento, relativamente à Valoya, havendo diferenças significativas entre ambos (Fig.4 a).

Quando comparado o efeito dos tratamentos no enraizamento de cada clone (Fig.4 b), foram detetadas

diferenças significativas ($p < 0,05$) dependendo do material genético. Os clones sob o efeito de luz solar mostram sempre melhor resposta ao enraizamento, à exceção do *globulus* RZ1. Os clones RZ2, RZ3 e ALT1 apresentaram bons resultados de enraizamento ao contrário dos restantes. Não se verificaram diferenças significativas entre tratamentos dentro de cada material genético. A taxa média de enraizamento no global do ensaio foi: 59% para controlo, 50% para Philips e 49% para Valoya.

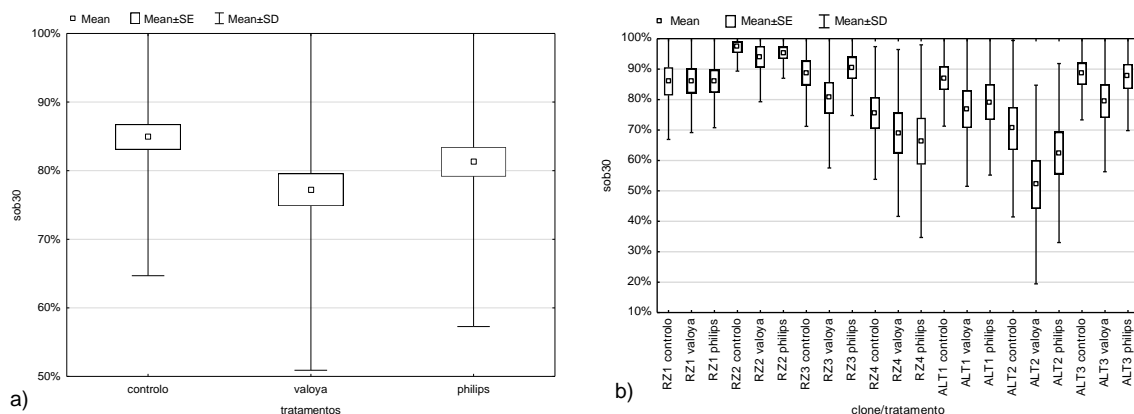


Figura 3. Boxplot para identificar diferenças entre diferentes tratamentos na sobrevivência aos 30 dias: a) efeito do tratamento, não significativo ($p > 0,05$); b) efeito do tratamento dependendo do clone, significativo ($p < 0,05$).

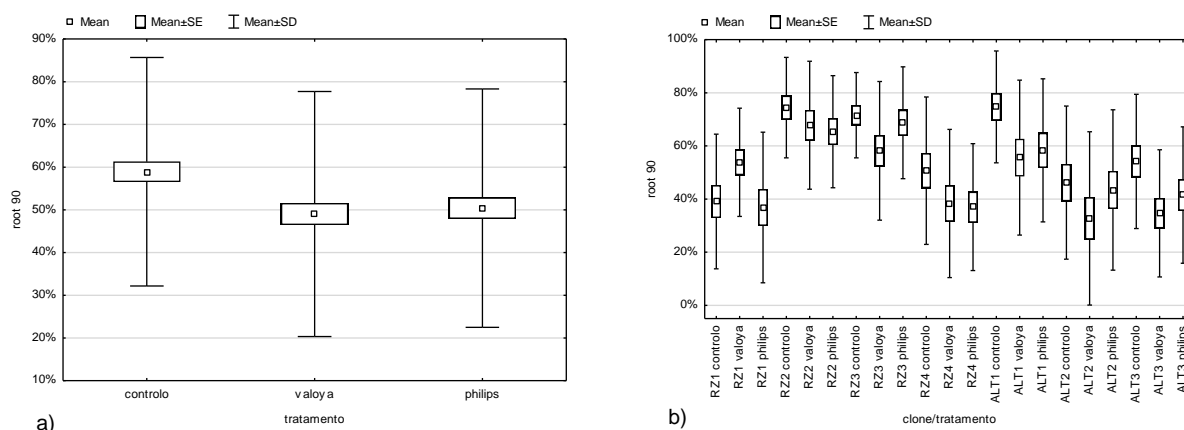


Figura 4. Boxplot para identificar diferenças entre diferentes tratamentos no enraizamento aos 90 dias: a) efeito do tratamento, significativo ($p < 0,05$); b) efeito do tratamento dependendo do clone, significativo ($p < 0,05$).

Verificou-se uma correlação negativa entre a sobrevivência aos 30 dias e a humidade relativa do ar ($r = -0,38047$), indicando que o nível deste parâmetro em alguns períodos pode ter excedido os valores referência das faixas ótimas. Este facto parece indiciar haver espaço para melhorar as condições climáticas da estufa de enraizamento de forma a potenciar o sucesso da sobrevivência aos 30 dias.

Numa análise que integra as diferentes variáveis quantificadas no estudo, produtividade e enraizamento dos clones, é possível retirar um valor médio do potencial do jardim clonal para a obtenção de planta enraizada por m^2 (Tabela 5). Embora não existam diferenças significativas entre os diferentes tratamentos para obtenção de planta ($p > 0,05$), parece haver material genético com resultados promissores sob a influência de luzes LED, particularmente da Valoya.

Tabela 5. Produção de planta/m² de cada clone, tendo em conta o sucesso da produtividade e enraizamento de cada tratamento.

Potencial anual de produção de plantas	RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	ALT1	ALT2	ALT3	Média anual
Controlo	548	1553	1249	1068	1290	684	697	1013
Valoya	954	2122	1458	1400	1414	851	508	1243
Philips	610	1553	1542	966	1157	743	536	1015

CONCLUSÕES

Este estudo, que teve como principal objetivo avaliar o efeito das luzes na produção de plantas via miniestacaria, demonstrou que, embora o aumento de fotoperíodo tenha tido resultados positivos na produtividade dos pés-mãe, não foi benéfico em termos de sobrevivência e enraizamento das plantas.

Relativamente à produtividade por m², as luzes têm um efeito positivo no aumento da rentabilidade do mini jardim para a produção de rebentos úteis. Todos os clones tiveram uma resposta positiva ao efeito das luzes, aumentando a produtividade quando comparado ao controlo, salientando a prevalência das luzes da Valoya. Relativamente à resposta dos clones ao efeito das luzes na produtividade, os híbridos aparentam apresentar melhor comportamento comparativamente aos *globulus*. A sobrevivência aos 30 dias na generalidade não está dependente do tratamento a que os pés-mãe estão sujeitos mas parece haver algumas diferenças dentro de cada material genético. Quanto ao enraizamento aos 90 dias, os tratamentos das luzes artificiais apresentaram um efeito negativo no enraizamento das estacas, em 85,7% dos materiais genéticos testados. As luzes LED podem apresentar superioridade na obtenção de planta/m² tendo em conta a elevada produtividade e o sucesso de enraizamento. No entanto, não foram contabilizadas outras variáveis (tais como custos associados à instalação e funcionamento de luzes LED, maior gasto de substrato tendo em conta o enraizamento, recursos humanos, entre outros), de forma a balancear o sucesso deste sistema de luzes na produção de estacas numa escala operacional.

REFERÊNCIAS

1. B.M. Potts, R.E. Vaillancourt, G. Jordan, G. Dutkowski, J.C. Silva, G. McKinnon, D. Steane, P. Volker, G. Lopez, L. Apiolaza, Y. Li, C. Marques, N. Borralho, Exploration of the eucalyptus globulus gene pool, Proc. IUFRO Conference, Aveiro, pp. 46-61(2004).
2. S. Fabres, Floresta industrial-Silvicultura do eucalipto em Portugal, site e-globulus.
3. C.P. Neto, C. Valente, C. Gonçalves, C. Marques, D. Ferreira, L. Fontes, S. Fabres, S. Corticeiro, A sustentabilidade de plantações de eucalipto em Portugal, CELPA, Lisboa (2016).
4. R.G. Mafia, A.C. Alfenas, E.M. Ferreira, T.G. Zarpelon, L. Siqueira, Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionas, *R.Árvore*, **29** (6): 843-851 (2005).
5. A.F.Batista, G. Santos, L. Silva, F.F. Quevedo, T. Assis, The use of mini-tunnels and effects of seasonality in the clonal propagation of Eucalyptus in subtropical environment, *Australian Forestry*, **78**(2): 65-72 (2015).
6. G.E. Brondani, F.J.B. Baccarin, H.W. Ondas, A.N. Gonçalves, M. Almeida, Morphological and production evaluation of Eucalyptus benthamii clonal mini-garden regarding to Zn and B, *Pesq. flor. bras.* **32**:151-164 (2012).
7. F. Bantis, K. Radoglou, Morphology, development and transplant potential of Prunus avium and Cornus sanguinea seedlings growing under different LED lights, *Turk J Biol*, **41**: 314-321 (2017).

Anexo 3

Rute C. Nogueira^{1*}, Luís Fontes², Mário Louro², Luís C. Leal², Ivone Neves¹
¹ Viveiros do Furadouro, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal;
² Altri Florestal, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal
 * E-mail do autor de contacto: rute.nogueira@altri.pt

Introdução

A produção de biomassa vegetal em ambiente controlado pode ser beneficiada pela gestão adequada da intensidade da luz, fotoperíodo e qualidade espectral. Com o objetivo de otimizar o sistema de produção clonal nos Viveiros do Furadouro em termos de produtividade de rebentos e eficiência no enraizamento, no âmbito do projeto iPLANT, pretendeu-se avaliar o efeito da exposição de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill. a luz com diferentes espectros, combinando o aumento da intensidade e do fotoperíodo à escala piloto durante vários ciclos de colheita de rebentos. Este ensaio foi iniciado em outubro-2019 e encontra-se a decorrer.

Metodologia

Selecionaram-se seis clones *E. globulus*, quatro da Altri Florestal (A, B, C e M) e dois do RAIZ (R1 e R2), e instalou-se um total de 10 710 plantas-mãe num sistema semi-hidropónico, com quatro tipos de espectros: um semelhante à radiação solar (NS12) e os restantes com maior incidência no vermelho e vermelho-longínquo (G2, AP67 e AP673L). Estabeleceu-se um fotoperíodo de 16h nos tratamentos com luz suplementar, e um tratamento de controlo sem recurso a luz artificial.



Figura 1. Sistema de iluminação LED instalado no parque de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro (Óbidos, Portugal)

Resultados

Após um ano, foram colhidos um total de 263 484 rebentos referentes a este ensaio. O efeito suplementar das luzes implicou um aumento na quantidade de rebentos produzidos e enraizados por unidade de área. Este acréscimo verificou-se sobretudo nos meses de inverno, dado o aumento na quantidade de luz disponível para as plantas, dissipando-se esse efeito nos meses estivais. Seria expectável a redução do período entre colheitas de rebentos nos tratamentos com luz adicional, no entanto, tal não se verifica e no controlo os rebentos estão aptos para a colheita no mesmo período.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto intitulado “iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais”, com a referência “33507_iPLANT”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020) e do Lisboa2020 - Programa Operacional Regional de Lisboa.

Co-Financiado por:



Apesar de variável entre clones, destacam-se as luzes AP67 e NS12, com aumentos de até +50% no nº de rebentos produzidos/m² de pés-mãe (Fig. 2) em relação ao controlo, e de +51% nas estacas enraizadas/m² de pés-mãe (Fig. 3.a).

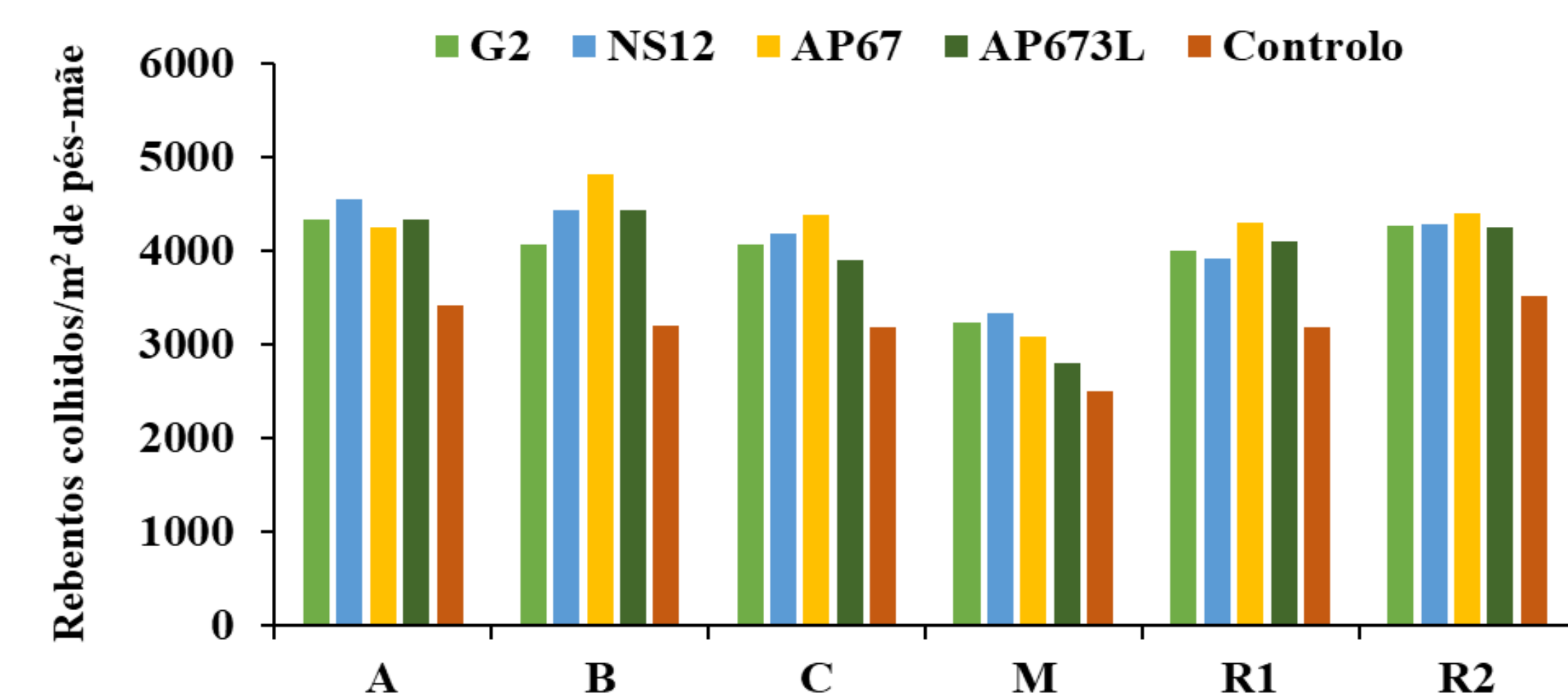


Figura 2. Total de rebentos colhidos e plantados por m² de pés-mãe de outubro-2019 a outubro-2020.

A taxa de enraizamento variou entre 44% (clone B | luz G2) a 82% (clone A | Cont), com tendência para a superioridade do controlo em todos os clones (Fig. 3.b), inclusive mensalmente.

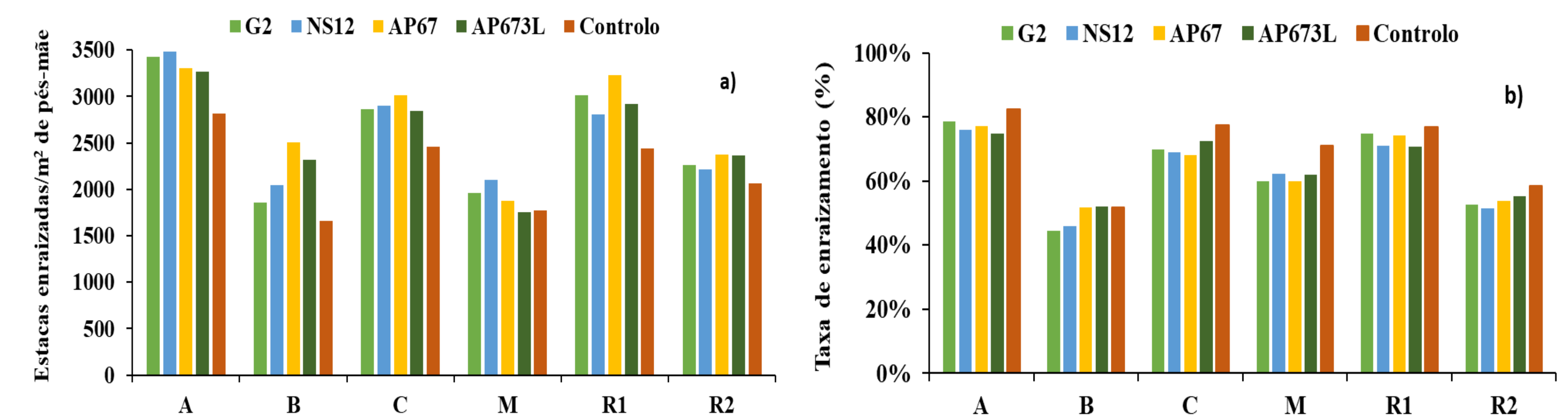


Figura 3. a) Total de estacas enraizadas por m² de pés-mãe; b) Taxa de rebentos enraizados de outubro-2019 a outubro-2020.

Conclusões

O trabalho efetuado até à data permite concluir que com o *set up* instalado, apesar da eficiência superior do controlo na taxa de enraizamento dos rebentos, o maior número de estacas produzidas e enraizadas nas luzes implica um melhor aproveitamento e a maximização da área de produção de pés-mãe. Este facto evidencia a necessidade de procurar ajustar o sistema produtivo para permitir aumentar a taxa de enraizamento nos tratamentos com luz suplementar.

Anexo 4

PRODUÇÃO CLONAL DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL. SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESPETROS DE LUZ

Rute C. Nogueira^{1*}, Luís Fontes², Mário Louro², Luís C. Leal², Ivone Neves¹

¹ Viveiros do Furadouro, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal;

² Altri Florestal, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal

* E-mail do autor de contacto: rute.nogueira@altri.pt

SUMÁRIO

Para otimizar o sistema de produção clonal nos Viveiros do Furadouro em termos de produtividade de rebentos e eficiência no enraizamento, avaliou-se o efeito da exposição de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* a uma combinação de diferentes espectros de luz e aumento da intensidade e do fotoperíodo à escala piloto. Selecionaram-se seis clones *E. globulus* e instalou-se um total de 10 710 plantas-mãe num sistema semi-hidropónico, com quatro tipos de espectros: um semelhante à radiação solar (NS12) e os restantes com maior incidência no vermelho e vermelho-longínquo (G2, AP67 e AP673L). Estabeleceu-se um fotoperíodo de 16h nos tratamentos com luz suplementar, e um tratamento de controlo sem luz adicional. Após um ano, apesar de variável entre clones, destacam-se as luzes AP67 e NS12, com aumentos de até +50% no nº de rebentos produzidos/m² em relação ao controlo, e de +51% nas estacas enraizadas/m². Os resultados preliminares indicam que a iluminação artificial impactou negativamente na taxa de enraizamento dos rebentos, apesar do maior número de estacas produzidas face ao controlo. A confirmarem-se estas tendências, será importante um ajustamento do sistema de produção de forma a capturar o ganho na produtividade e, simultaneamente, na taxa de enraizamento.

Palavras-chave: *Eucalyptus globulus*, enraizamento, espectros de luz, propagação vegetativa

SUMMARY

To optimize the clonal production system in Viveiros do Furadouro in terms of shoot productivity and rooting efficiency, it was intended to evaluate the effect of *Eucalyptus globulus* mother plants exposure to a combination of different light spectra and increased intensity and photoperiod at the pilot scale. Six *E. globulus* clones were selected and a total of 10 710 mother plants were installed in a semi-hydroponic system, with four types of spectra were installed: one similar to solar radiation (NS12) and the others with a higher incidence in red and far-red (G2, AP67 and AP673L). A 16h photoperiod was established for supplementary light treatments, and a control was maintained without artificial light. After one year, despite the effect being variable between clones and treatments, the AP67 and NS12 lights stand out, with increases of up to +50% of shoots harvested/m² in relation to the control, and + 51% in shoots rooted/m². The preliminary results show that artificial lighting had a negative impact on the rate of rooting, despite the greater number of cuttings produced compared to the control. If these trends are confirmed, it will be important to adjust the production system in order to capture the gain in productivity and, simultaneously, in the rate of rooting.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, light spectra, rooting, vegetative propagation

INTRODUÇÃO

A luz é um dos principais fatores que regula o desenvolvimento das plantas, ao atuar como fonte primária de energia para a fotossíntese. Diversos estudos têm confirmado que a produção de biomassa vegetal em ambiente controlado pode ser beneficiada pela gestão adequada da intensidade da luz, fotoperíodo e qualidade espectral. A manipulação das condições de luz pode inclusivamente influenciar o

metabolismo da auxina, hormona que promove a diferenciação e o desenvolvimento radicular [1].

No processo de propagação vegetativa, sujeitar pés-mãe a uma maior quantidade de luz deverá conduzir a um aumento da taxa de fotossíntese e consequentemente, a uma maior produção de rebentos. Para além da intensidade, também a qualidade da luz é identificada como relevante na produtividade e enraizamento de estacas de *E. globulus* [2, 3], inclusivamente quando aplicado a pés-mãe [4]. No estudo de Ruedell et al. [4], a exposição de pés-mãe de *E. grandis* a vermelho longínquo não influenciou o enraizamento das suas estacas, contrariamente ao efeito verificado em *E. globulus*. Pelos resultados dos ensaios realizados nesta temática, verifica-se que a influência da radiação no enraizamento de *Eucalyptus* pode variar entre espécies, com a qualidade e quantidade de luz, e se a exposição ocorreu em pés-mãe ou estacas.

Face ao exposto, no âmbito do projeto iPLANT pretende-se investigar o efeito da exposição de pés-mãe de *E. globulus* a vários espetros de radiação, combinado com o aumento da intensidade e do fotoperíodo, num ensaio à escala piloto nos Viveiros do Furadouro. Este ensaio encontra-se a decorrer, e os resultados apresentados referem-se a um ano de colheitas (de outubro 2019 a outubro 2020) e são apresentados em número de estacas produzidas e enraizadas. Pretende-se com os resultados deste ensaio, avaliar a oportunidade de fazer um *scaling up* em termos operacionais de um sistema de iluminação artificial e com que características.

PARTE EXPERIMENTAL

Instalou-se na estufa dos Viveiros do Furadouro um sistema de iluminação LED para quatro tipos de espetros comercializados pela Valoya - AP67, AP673L, G2 e NS12 (semelhante à radiação solar), além de uma testemunha sujeita apenas à luz natural. Foram selecionados seis clones de *E. globulus*, quatro da Altri Florestal (A, B, C e M) e dois do Instituto de Investigação da Floresta e Papel (RAIZ) (R1 e R2) e plantados 357 pés-mãe por clone e tratamento com densidade 10 x 5 cm, num total de 10 710 pés-mãe. Utilizou-se um substrato misto de perlite A13 no topo e zeólite na base (50/50%). O esquema de plantação encontra-se descrito na Fig.1. O controlo foi propositadamente instalado noutra linha, de forma a evitar a influência da iluminação artificial.

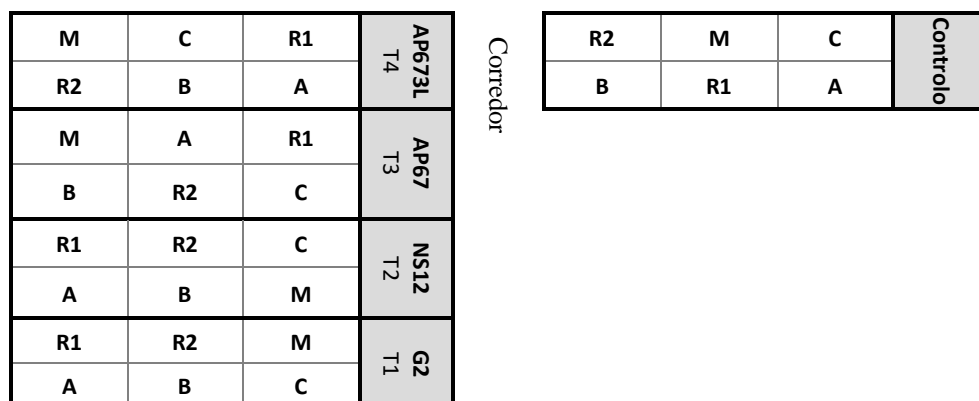


Figura 1. Esquema de instalação do ensaio por clone e tratamento na estufa dos Viveiros do Furadouro.

A plantação dos pés-mãe ocorreu durante o mês de julho 2019, e iniciou-se o ensaio a 11/outubro/2019, quando as luzes foram ligadas e as plantas se encontravam em plena produção. A caracterização inicial dos planos de distribuição da luz nas bancadas foi realizada com recurso a um espectrómetro portátil para medição espectral no intervalo 380 – 780 nm (MK350D, UPRtek) e a um espectroradiómetro (FieldSpec) para medições mais precisas e abrangentes. Para minimizar o efeito da dispersão de radiação nas bordaduras das bancadas com luz adicional, garantindo que a amostragem de rebentos analisada corresponderia a uma intensidade de luz homogênea, delimitou-se uma zona central (A) em cada clone e tratamento com luz adicional, de acordo com os limites-alvo de intensidade fornecidos pela marca comercial: entre 80 a 160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ debaixo das luzes (esquema da delimitação das bancadas na Fig. 2).

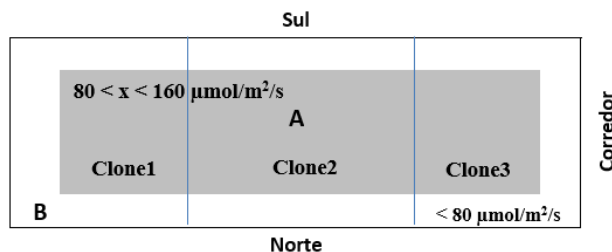


Figura 2. Esquema da delimitação de pés-mãe numa bancada dos tratamentos de luz em zona A (central) e B (bordadura). Para análise dos resultados, apenas foram considerados os pés-mãe referentes à zona central.

As condições ambientais ao nível das plantas (temperatura, humidade, radiação PAR) foram monitorizadas 24h, com a instalação de 2 *ladybirds* (TerraPrima) por tratamento. A gestão dos pés-mãe foi conduzida conforme sistema habitual nos Viveiros do Furadouro: controlo da radiação com redes de sombra; climatização automatizada; periodicidade da fertirrega em função de um objetivo diário de drenagem (20-25%) e solução nutritiva (tendo em consideração a qualidade da água) aplicada de acordo com a avaliação diária da condutividade elétrica e pH da fertirrega e drenados. O estado fitossanitário dos pés-mãe foi monitorizado e aplicado tratamento químico quando necessário, eliminando-se as plantas mortas (sem reposição). A seleção e colheita de rebentos ocorreu pela técnica regular de miniestacaria do Viveiro, com a preparação de estacas entre 4 a 8 cm de comprimento, dois pares de folhas seccionadas e com eliminação do ápice. Após a colheita e anteriormente à plantação dos rebentos, foi aplicada hormona de enraizamento em pó na base do caule. Trimestralmente, realizaram-se colheitas de substrato para determinação da condutividade elétrica e pH de forma a monitorizar a salinidade do substrato. As colheitas foram realizadas por substrato em três sub-amostras ao longo da bancada, e a duas profundidades, para amostragem do topo (0-6 cm) e da base (6-12 cm). Com a incorporação das sub-amostras numa amostra composta por tratamento e profundidade, a determinação da condutividade elétrica e pH foi realizada em extrato aquoso de 1:5 em volume, com água destilada.

Para a determinação da produtividade, contabilizaram-se todos os rebentos colhidos por clone e tratamento nos vários ciclos de colheita, com os dados apresentados por m² de área ocupada pelos pés-mãe. A contabilização de estacas sobreviventes e enraizadas foi obtida com inventários às 12 semanas de todos os rebentos plantados. O enraizamento foi assim calculado através da percentagem de enraizamento e do n° de estacas enraizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mortalidade dos pés-mãe

Após um ano de ensaio, a mortalidade dos pés-mãe na maioria dos clones e tratamentos encontra-se bastante baixa. Nos meses de verão registou-se um ligeiro aumento da mortalidade, apesar das análises laboratoriais trimestrais às amostras de substrato não evidenciarem alterações consideráveis de condutividade elétrica e pH, o que poderia ser expectável dado o aumento da evapotranspiração e eventual acumulação de sais. Salienta-se a mortalidade elevada do clone R2 desde o início do ensaio (inclusivamente antes das luzes serem ligadas em outubro 2019), sendo superior no tratamento controlo e com o maior aumento a partir de junho – julho 2020 (Fig. 3).

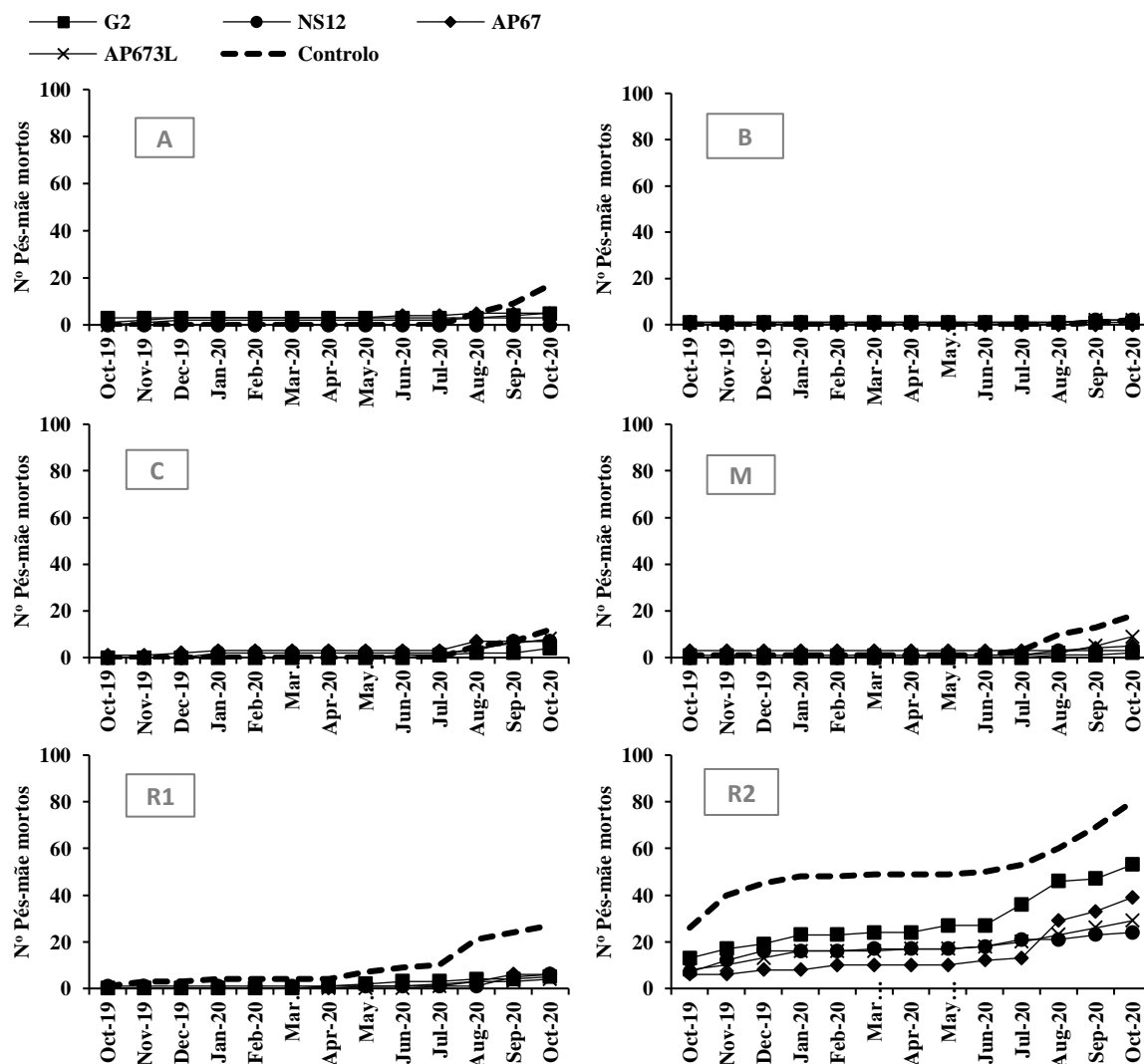


Figura 3. Variação no número de pés-mãe do clone R2 mortos de outubro 2019 a outubro 2020 nos cinco tratamentos do ensaio.

O clone R2 não foi especialmente afetado pelas doenças mais comuns do Viveiro (oídio, cochonilha, podridões, etc.), e quando necessário, os tratamentos fitossanitários foram aplicados a todos os clones e tratamentos do ensaio. Depreende-se assim uma maior sensibilidade deste clone às condições de produção dos Viveiros do Furadouro.

Produção de rebentos

No período entre outubro 2019 e outubro 2020, foram produzidos neste ensaio um total de 263 484 rebentos. A produção acumulada (Fig. 4), foi em todos os clones superior nos tratamentos com luz adicional face ao controlo. Verificou-se alguma variação na resposta entre clones, não sendo comum a todos o efeito superior de um determinado tipo de luz. No entanto, podem destacar-se as luzes AP67 e NS12, que conduziram aos melhores resultados gerais de produtividade por unidade de área. Durante o período analisado, os clones A e B foram os mais produtivos, enquanto o M foi o que teve o menor registo de rebentos colhidos m^2 em todos os tratamentos.

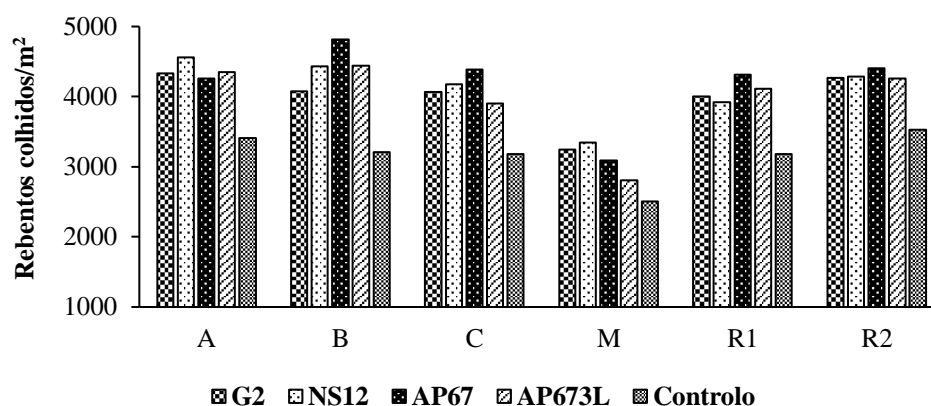


Figura 4. Número de rebentos colhidos e plantados por m² acumulados de outubro 2019 a outubro 2020 nos seis clones e cinco tratamentos do ensaio.

Cálculo: Produção/m² = \sum Rebentos colhidos e plantados / Área inicial útil de pés-mãe

No interior da estufa, os meses de primavera/verão (abril – setembro 2020) corresponderam aos valores de DLI (*Daily Light Integral*, mol m⁻² dia⁻¹) mais elevados (Fig. 5). É notória a diminuição do DLI no inverno, inclusivamente nos tratamentos com luz adicional. É interessante acompanhar a evolução do sistema ao longo do ensaio.

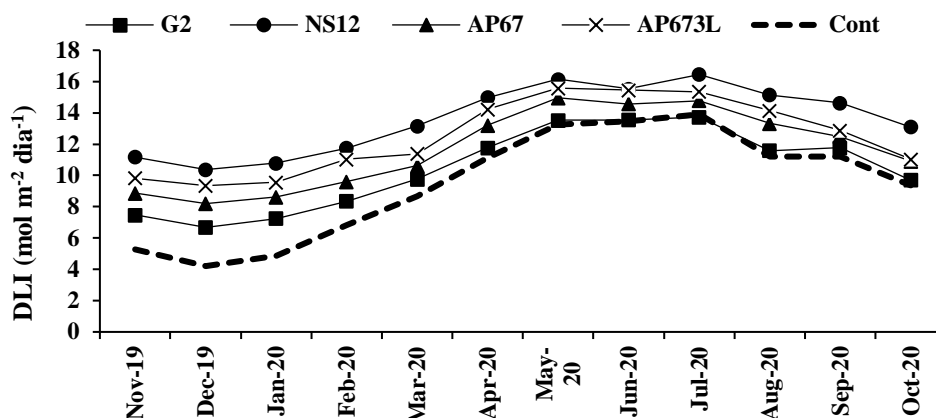


Figura 5. Variação mensal do DLI (*Daily Light Integral*, mol m⁻² dia⁻¹) entre novembro 2019 e outubro 2020 no interior da estufa de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro. Os valores representam a média mensal entre as duas *ladybirds* por tratamento. Os erros de registo foram eliminados.

Também as colheitas com maior número de rebentos colhidos corresponderam a meses de verão (Fig. 6), evidenciando uma maior acumulação de biomassa neste período. Esta situação coincide com o período em que se registou o DLI mais elevado no interior da estufa. A análise da produção mensal, além de validar a menor produtividade dos clones no tratamento controlo, sobretudo no inverno, também permitiu verificar que no verão o efeito da luz suplementar é menos relevante para a produtividade, com pouca diferenciação entre tratamentos com e sem luz.

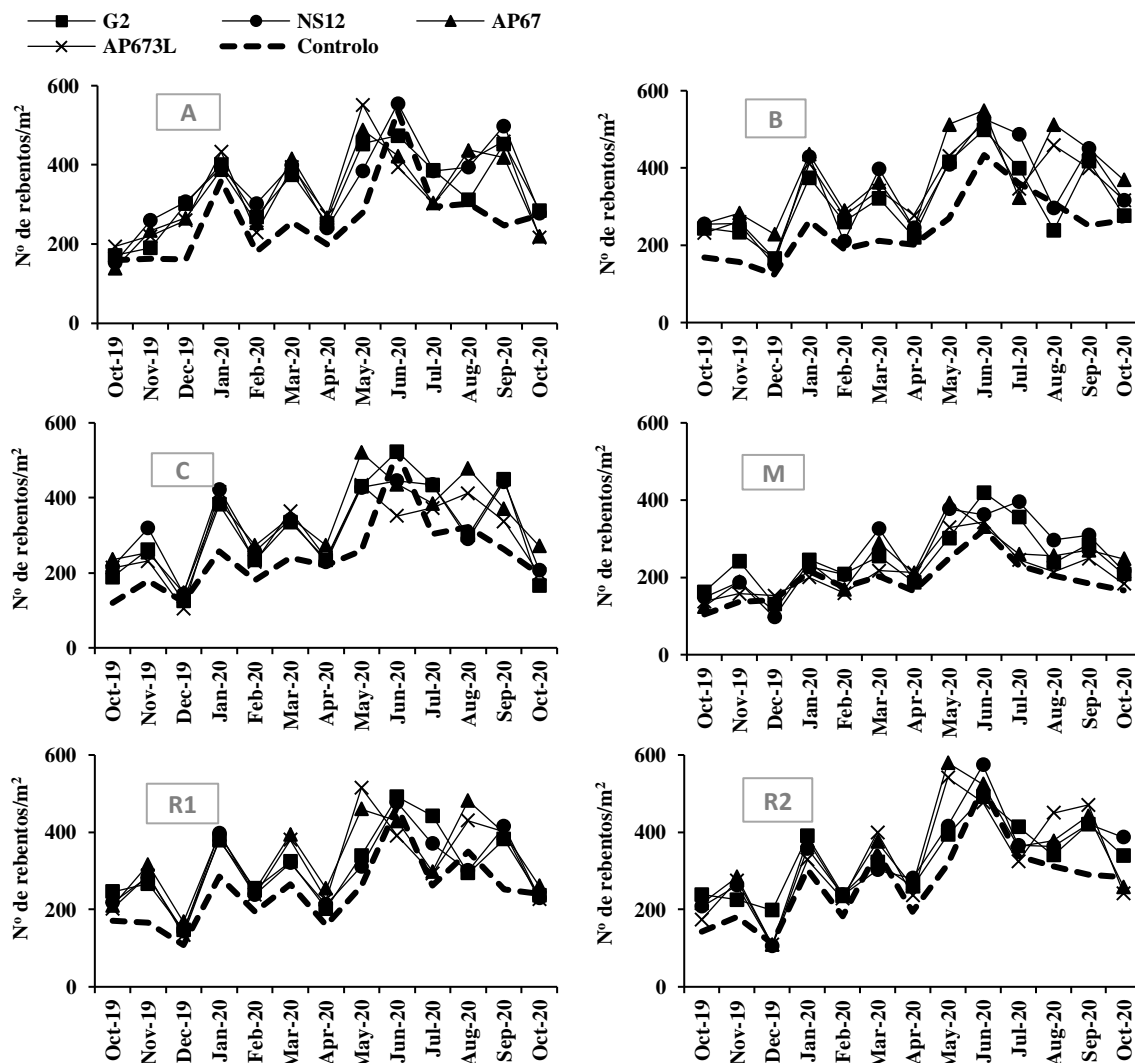


Figura 6. Variação do número de rebentos plantados por m² nas várias colheitas realizadas de outubro 2019 a outubro 2020, por clone e tratamento.

Estes resultados indicam que para maximizar a produtividade sobretudo no inverno, seria útil a implementação de um sistema de iluminação que mantivesse valores de DLI mais estáveis durante todo o ano.

Enraizamento das estacas

A taxa de enraizamento do total de estacas colhidas no período de outubro 2019 a outubro 2020, pode ser analisada na Fig. 7.a. Apesar de pouco variável entre tratamentos para um mesmo clone, a percentagem de rebentos enraizados foi tendencialmente superior no controlo em todos os clones – exceto no B. Este resultado demonstra que sem influência de luz adicional, apesar de menos produtivos, os pés-mãe emitiram rebentos mais eficientes no desenvolvimento de raízes. Sendo o B, M e R2 três clones com elevada recalcitrância ao enraizamento, destaca-se o enraizamento do clone M, a variar entre uma gama satisfatória: entre 60 – 71% (mín: G2&AP67 - máx: Controlo). Por sua vez, a taxa de rebentos enraizados do B e R2 foi das mais baixas, variando no B apenas entre 44 – 52% (G2 - AP673L), e entre 51 – 58% (NS12 - Controlo) no R2. Por sua vez, o clone A teve a melhor taxa de enraizamento geral, com variação entre 75 – 82% (AP673L - controlo). Nos restantes, C e R1, registou-se um enraizamento entre 68 – 77% (AP67 - Controlo) no primeiro e 71 – 77% (AP673L - Controlo) no segundo.

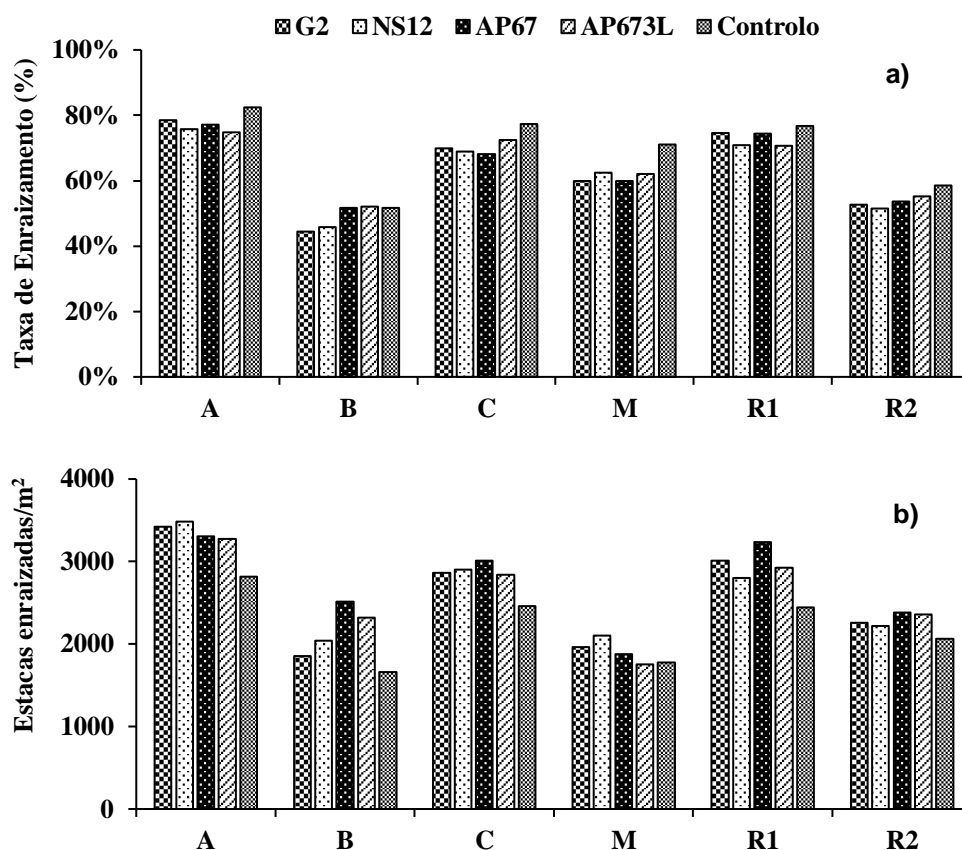


Figura 7. Dados de enraizamento do total de rebentos colhidos de outubro 2019 a outubro 2020 com base no cálculo:

- a) *Taxa de enraizamento (%) = $\sum \text{rebentos enraizados às 12 semanas} / \sum \text{rebentos colhidos}$*
b) *Nº de estacas enraizadas por m² ($\sum \text{rebentos enraizados} / \text{Área inicial útil de pés-mãe}$)*

Pela análise da quantidade de estacas enraizadas (Fig. 7.b), verifica-se melhores resultados sob o efeito das luzes. Este efeito resulta de um maior número de rebentos produzidos por unidade de área nos tratamentos com luz. Este aumento compensa a diminuição da taxa de enraizamento. Na Tabela 1 pode ser comparado com mais detalhe o número de rebentos colhidos e enraizados por m² entre clones e tratamentos. Destacam-se novamente as luzes AP67 e NS12, com um aumento percentual considerável face ao controlo em termos de estacas produzidas e enraizadas. O efeito benéfico da luz AP67 foi inclusivamente evidente nos clones recalcitrantes B e R2, com aumentos face ao controlo de +51% e +15%, respetivamente, no nº de estacas enraizadas/m². Por sua vez, o M foi favorecido pela luz NS12 (+19%). Apesar dos resultados aceitáveis no controlo, também nos clones A, C e R1, se registou um incremento percentual de estacas enraizadas/m² com estas luzes. A confirmarem-se estas tendências, é evidente ser necessário ajustar o sistema de produção de forma a capturar o aumento da produtividade e, simultaneamente, a taxa de enraizamento.

Tabela 1. Variação percentual (%) da produção de estacas (P/m²) e estacas enraizadas (E/m²) por m² em relação ao controlo (estacas acumuladas de outubro 2019 a outubro 2020).

	A		B		C		M		R1		R2	
Tratam	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²
G2	+27%	+22%	+27%	+12%	+28%	+16%	+30%	+10%	+26%	+23%	+21%	+9%
NS12	+34%	+24%	+38%	+23%	+31%	+18%	+34%	+19%	+23%	+15%	+22%	+7%
AP67	+25%	+17%	+50%	+51%	+38%	+22%	+24%	+6%	+36%	+33%	+25%	+15%
AP673L	+27%	+16%	+38%	+40%	+23%	+16%	+12%	-1%	+29%	+20%	+21%	+14%
Controlo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CONCLUSÃO

O trabalho efetuado até à data permite inferir que a iluminação artificial impactou negativamente na taxa de enraizamento dos rebentos, apesar do maior número de estacas produzidas face ao controlo. Este facto evidencia a necessidade de ajustar o sistema produtivo que permita aumentar a taxa de enraizamento nos tratamentos com luz suplementar. No final do ensaio será necessário avaliar os custos e benefícios gerados pela utilização de luz suplementar de forma a que se possa decidir sobre o interesse e viabilidade da sua utilização no sistema de produção operacional.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto intitulado “iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais”, com a referência “33507_iPLANT”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020) e do Lisboa2020 - Programa Operacional Regional de Lisboa.

REFERÊNCIAS

- [1] Reid, D.M., Beall, F.D. & Pharis, R.P. (1991). Environmental cues in plant growth and development, *in* Plant Physiology: A Treatise, Vol. X: Growth and Development, Ed. F.C. Steward, Academic Press, San Diego, pp 65-181.
- [2] Fett-Neto, A.G., Fett, J.P., Goulart, L.W.V., Pasquali, G., Termignoni, R.R. & Ferreira, A.G. (2001). Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology*, 21(7), 457-464.
- [3] Fogaça, C.M., & Fett-Neto, A.G. (2005). Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 45(1), 1-10.
- [4] Ruedell, C.M., de Almeida, M.R., Schwambach, J., Posenato, C.F., & Fett-Neto, A.G. (2013). Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 69(3), 235-245.

Anexo 5

Anexo 6

SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO CLONAL DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL.

Rute C. Nogueira^{1*}, Luís Fontes², Mário Louro², Luís C. Leal², Ivone Neves¹

¹ Viveiros do Furadouro, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal;

² Altri Florestal, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal

* E-mail do autor de contacto: rute.nogueira@altri.pt

SUMÁRIO

No sistema de propagação vegetativa dos Viveiros do Furadouro é utilizado um substrato misto de perlite e zeolite no parque de pés-mãe de *Eucalyptus globulus*. No entanto, uma vez que a opção da sua utilização é recente, é pertinente compará-lo com outros substratos. Pretendeu-se avaliar um clone *E. globulus* em diferentes tipos de substratos, de acordo com o número de rebentos produzidos, enraizados, mortalidade dos pés-mãe e diferenças no sistema radicular. Definiram-se dez tratamentos com cinco tipos de substratos, puros ou em mistura: perlite, perlite fina, zeolite, fibra de coco e areia. Decorridos nove meses, a perlite é o substrato com maior número de rebentos colhidos, enquanto no coco+areia se registou a pior produtividade. Verificou-se pouca variação entre tratamentos na taxa de enraizamento, sendo ligeiramente superior na zeolite, com 79% dos rebentos enraizados. A principal diferença observada na avaliação dos sistemas radiculares ocorreu na zeolite, mais seco em relação aos restantes. Os substratos evidenciaram diferentes graus de hidratação, o que revela a importância de um melhor controlo do regime de fornecimento de água e nutrientes em função do tipo de substrato. Os resultados preliminares validam a opção de substrato misto de perlite e zeolite utilizado nos Viveiros do Furadouro (Controlo), ao aliar os bons resultados de produtividade e enraizamento destes substratos.

PALAVRAS-CHAVE: enraizamento, *Eucalyptus globulus*, propagação vegetativa, substratos

SUMMARY

In the vegetative propagation system of Viveiros do Furadouro a mixed substrate of perlite and zeolite is used in the mother-plants park of *Eucalyptus globulus* Labill. However, since this option is recent, it is pertinent to compare it with other substrates. It was intended to evaluate an *E. globulus* clone on different types of substrates, according to the number of cuttings produced, rooted, mother-plants mortality and differences in the rooting system. Ten treatments were defined, with five types of substrate, pure or mixed: perlite, fine perlite, zeolite, coconut fiber and sand. After nine months, perlite is the substrate with the highest number of harvested shoots, while coconut + sand had the worst productivity. There was little variation between treatments in the rate of rooting, being slightly higher in zeolite, with 79% of rooted cuttings. The main difference observed in the evaluation of the rooting systems occurred in zeolite, which was drier in relation to the others. The substrates showed different degrees of hydration, which reveals the importance of better control of the water and nutrient supply regime depending on the type of substrate. The preliminary results validate the option of mixed substrate of perlite and zeolite used in Viveiros do Furadouro (Control), by combining the good results of productivity and rooting of these substrates.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, rooting, substrates, vegetative propagation

INTRODUÇÃO

Num sistema de produção clonal de *Eucalyptus globulus* Labill. admite-se que o estado nutricional e hídrico dos pés-mãe é determinante para o sucesso do enraizamento das estacas que estes originam. Um sistema radicular bem desenvolvido e funcional irá permitir à planta a absorção de água e nutrientes e, consequentemente, influenciar a quantidade e qualidade dos rebentos produzidos.

A escolha do tipo de substrato para o sistema de produção tem também um papel fundamental, devendo assegurar a ancoragem e a retenção de água, oxigénio e nutrientes em quantidades suficientes para manter o bom desempenho das plantas ([1, 2, 3]). Com a existência de vários tipos de substratos comerciais, com diferentes propriedades físico-químicas, deve ter-se em consideração a adaptabilidade deste à espécie em causa, sendo frequente a mistura ou combinação de compostos que formem um substrato alternativo mais indicado.

Dada a necessidade de se ajustar os regimes de rega e fertilização à natureza de cada substrato [4], é expectável que os pés-mãe apresentem respostas diferentes em termos de produtividade e enraizamento das estacas produzidas, em função do tipo de substrato utilizado e da sua gestão. No parque de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro (VF) encontra-se em uso o substrato misto de perlite e zeolite, com produção e taxas de enraizamento de estacas superiores aos registados no passado, com perlite. No entanto, uma vez que a opção da sua utilização é recente, é pertinente compará-lo com outros tipos de substrato. Assim, pretendeu-se investigar o comportamento dos pés-mãe quando instalados em diferentes tipos de substratos comerciais, de acordo com o número de rebentos produzidos, enraizados, mortalidade de pés-mãe e observação de diferenças no sistema radicular. Este estudo permitirá também validar a opção de utilizar substrato misto de perlite e zeolite no sistema de propagação vegetativa dos Viveiros do Furadouro. Realizado no âmbito do projeto iPLANT, o ensaio encontra-se ainda a decorrer, apresentando-se os dados de janeiro a outubro 2020.

PARTE EXPERIMENTAL

Foram instalados 10 tratamentos na estufa de desenvolvimento da Altri Florestal, com substratos comerciais puros ou em mistura, nomeadamente: perlite, perlite de granulometria fina, zeolite, fibra de coco e areia. Os tratamentos específicos podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação dos tratamentos e respetivos substratos, puros ou mistos.

ID	Tipos de substrato
P	Perlite (100%)
Z	Zeolite (100%)
Cont	Perlite (50%) + Zeolite (50%) – Perlite no topo
Z+P	Zeolite (50%) + Perlite (50%) – Zeolite no topo
Pf	Perlite fina (100%)
P+C	Perlite (50%) + fibra de coco (50%) – mistura
Z+C	Zeolite (50%) + fibra de coco (50%) – mistura
A	Areia (100%)
Z+A	Zeolite (50%) + Areia (50%) – mistura
C+A	Fibra de coco (50%) + Areia (50%) – mistura

Em outubro 2019, foram plantados em cada tratamento 394 pés-mãe de um clone *E. globulus*, num total de 3940 pés-mãe com densidade de 10 x 5 cm. Deste número foram delimitados 100 pés-mãe numa

zona específica a partir da qual se realiza ocasionalmente amostragem destrutiva para a avaliação visual e registo fotográfico do sistema radicular dos pés-mãe, tendo a primeira amostragem ocorrido em junho 2020. Os rebentos provenientes da zona delimitada não foram considerados para este estudo.

Os tratamentos foram emparelhados duplamente nas bancadas, com controlo único do sistema de fertirrigação, da solução nutritiva e dos ajustes por bancada:

- **Bancada 1:** P e Z
- **Bancada 2:** Cont e Z+P
- **Bancada 3:** Pf e A
- **Bancada 4:** P+C e Z+C
- **Bancada 5:** Z+A e C+A

A gestão dos pés-mãe foi realizada com a climatização por abertura e fecho de janelas e utilização de tinta de sombreamento no verão. A periodicidade da fertirrega ocorreu em função de um objetivo diário de drenagem (20-25%) e da avaliação diária da condutividade elétrica e do pH das soluções de rega e drenada – estabelecido para o sistema de produção tradicional dos VF e ajustado para pés-mãe plantados em perlite.

As condições ambientais ao nível das plantas foram monitorizadas 24h, com a instalação de 1 *ladybird* (TerraPrima) por tratamento (dados não incluídos neste relatório). Aplicou-se tratamento fitossanitário químico quando necessário nos pés-mãe, eliminando-se as plantas mortas (sem reposição). Trimestralmente, realizaram-se colheitas de amostras de substrato para determinação da condutividade elétrica e pH de forma a monitorizar a salinidade do substrato. As colheitas foram realizadas por substrato em três sub-amostras ao longo da bancada, e a duas profundidades, para amostragem do topo (0-6 cm) e da base (6-12 cm). Com a incorporação das sub-amostras numa amostra composta por tratamento e profundidade, a determinação da condutividade elétrica e pH foi realizada em extrato aquoso de 1:5 em volume, com água destilada.

A seleção e colheita de rebentos ocorreu pela técnica regular de miniestacaria do Viveiro, com a preparação de estacas entre 4 a 8 cm de comprimento, dois pares de folhas seccionadas e com eliminação do ápice. Após a colheita e anteriormente à plantação dos rebentos, foi aplicada hormona de enraizamento em pó na base do caule.

Todos os rebentos colhidos por clone e tratamento nos vários ciclos de colheita de janeiro a outubro 2020 foram considerados para a análise da produtividade, com os dados acumulados para este período. Os inventários de estacas sobreviventes e enraizadas foram realizados às 12 semanas em todos os rebentos plantados. Por sua vez, o enraizamento foi calculado através da taxa de enraizamento (%) (\sum rebentos enraizados às 12 semanas / \sum rebentos colhidos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises aos substratos e observação do sistema radicular

Pelas análises de condutividade elétrica (CE) e pH realizadas às amostras de substrato, verificou-se um comportamento idêntico nos vários substratos, na base e no topo. No entanto, registou-se em alguns substratos um aumento da CE de julho para outubro, sobretudo no substrato A (Fig. 1). Este facto possivelmente deve-se ao aumento da evapotranspiração nos meses de verão, o que poderá conduzir a maior acumulação de sais no substrato. O pH manteve-se estável entre as várias análises realizadas (Fig. 2).

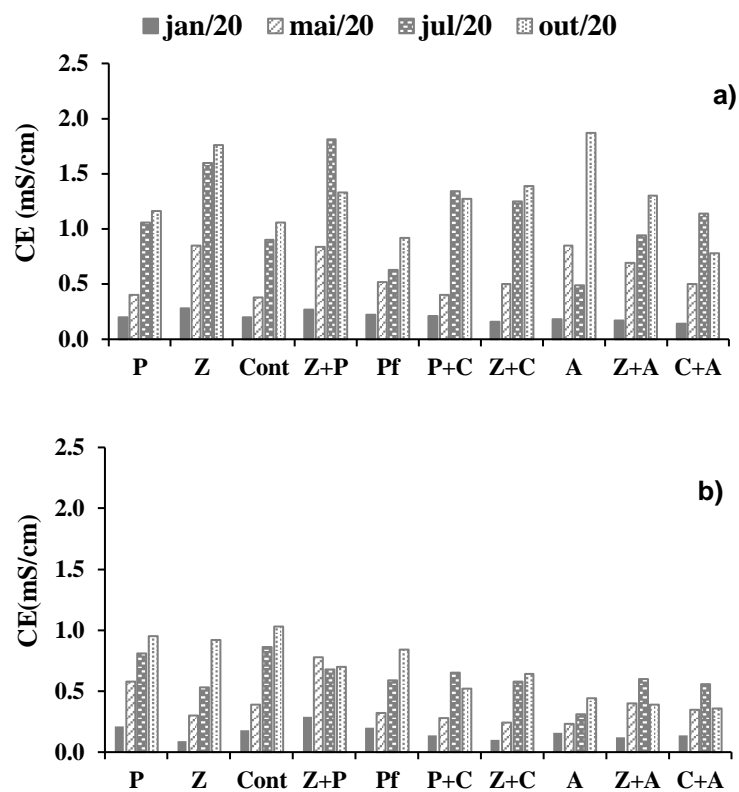


Figura 1. Valores de condutividade elétrica (mS/cm) registrados nas análises trimestrais às amostras colhidas por tratamento: a) do topo; b) da base do substrato.

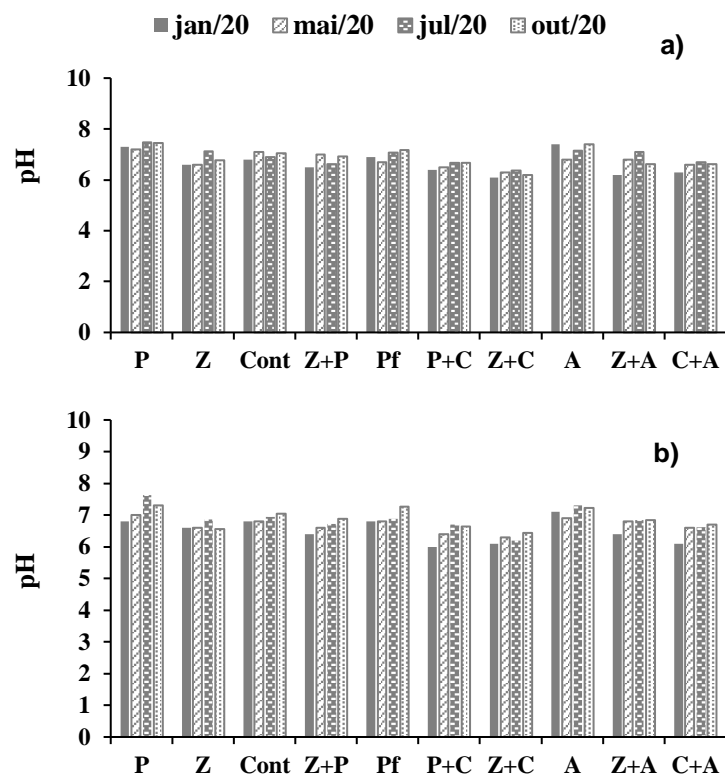


Figura 2. Valores de pH registrados nas análises trimestrais às amostras colhidas por tratamento: a) do topo; b) da base do substrato.

Com a amostragem destrutiva de pés-mãe na zona delimitada para o efeito, observaram-se poucas diferenças nos sistemas radiculares entre tratamentos (Fig.3). Apesar da baixa densidade, verificou-se a presença de raízes finas a envolver o torrão e de raízes mais compridas emaranhadas nos torrões contíguos e ao longo da bancada (Fig. 4). Aquando da avaliação dos sistemas radiculares, os diferentes substratos evidenciavam diferentes graus de hidratação. Foi possível notar que os substratos com areia e fibra de coco se encontravam mais húmidos que os de zeolite e perlite, sobretudo o tratamento de areia (A), com excesso evidente de água. Contrariamente, o substrato zeolite (Z) encontrava-se mais seco que os restantes, facto inclusivamente notado nos torrões removidos deste tratamento.

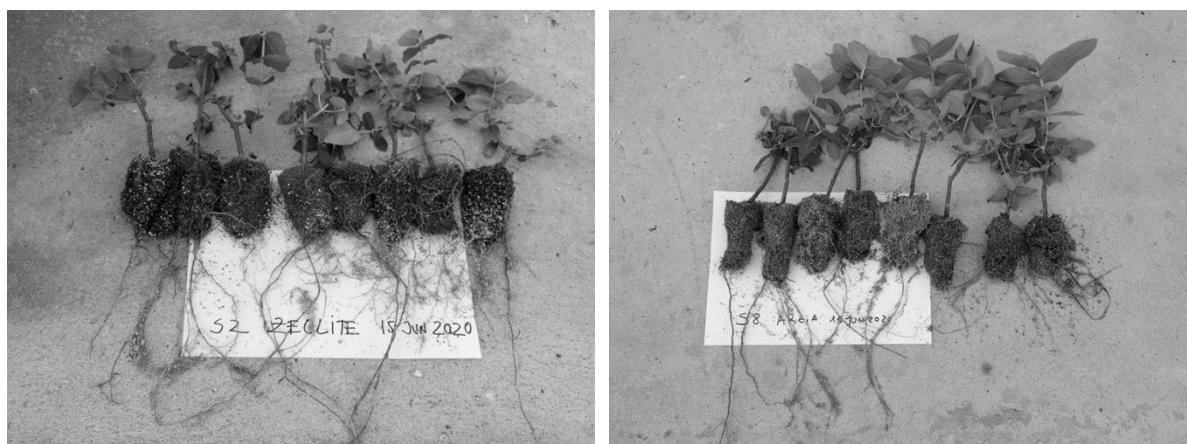


Figura 3. Observação e registo fotográfico do sistema radicular entre dos pés-mãe removidos dos substratos de zeolite (Z) e areia (A).



Figura 4. Amostragem destrutiva dos pés-mãe removidos do substratos de zeolite (Z). Observaram-se diversas raízes compridas a perfurar a rede de sustentação do substrato que se desenvolveram ao longo da bancada.

Mortalidade dos pés-mãe

Verificou-se o aumento da mortalidade dos pés-mãe a partir dos meses de verão, sobretudo no tratamento A, com 96 dos pés-mãe mortos (33% de mortalidade) (Tabela 2). Dado que o clone neste tratamento não foi particularmente afetado em termos fitossanitários, presume-se que as principais causas da crescente mortalidade de pés-mãe neste substrato sejam a acumulação de água – observada no momento da amostragem destrutiva –, ou a incapacidade de arejamento das raízes. Apesar da humidade, o efeito do aumento de salinidade neste substrato poderá também ter contribuído para um acréscimo na mortalidade nos meses de verão.

Apesar de bastante abaixo do A, também no caso dos tratamentos com mistura de coco se registou maior incidência de mortalidade de pés-mãe. Esta situação verificou-se mesmo que os valores de CE não se encontrassem particularmente elevados nestes substratos.

No final de 2020 optou-se por diminuir a frequência da fertirrega nas bancadas com substratos de areia e fibra de coco, no sentido de diminuir a humidade nestes substratos e tentar aplanar nos meses seguintes a curva de mortalidade. Por sua vez, para garantir as necessidades hídricas dos pés-mãe no substrato Z, a frequência da fertirrega foi aumentada na bancada da zeolite e perlite.

Tabela 2. Número de pés-mãe mortos acumulados de janeiro a outubro 2020.

Tratamento	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20
P	1	4	5	5	6	7	9	13	14	27
Z	0	0	1	2	3	3	4	6	8	14
Cont	2	2	4	4	6	8	10	20	24	30
Z+P	1	1	3	3	3	3	5	7	8	16
Pf	2	2	4	5	7	10	19	29	38	49
P+C	0	1	1	3	4	9	12	28	44	57
Z+C	0	0	2	3	7	15	22	42	48	58
A	2	2	7	12	19	28	43	61	77	96
Z+A	1	2	7	18	19	22	23	28	34	53
C+A	0	0	0	1	3	11	15	30	50	65

O substrato zeolite (Z) tem até à data uma resposta muito idêntica à zeolite+perlite (Z+P), com o menor número de pés-mãe mortos (14 e 16 pés-mãe, respetivamente). Verifica-se que mesmo a perlite (P) e o controlo (Cont) têm praticamente o dobro dos pés-mãe mortos (27 e 30 pés-mãe) em relação a Z e Z+P, apesar de com valores consideravelmente inferiores aos outros tratamentos.

Produção de rebentos

Pela análise do número total de rebentos colhidos entre janeiro e outubro 2020 na Fig. 5, distingue-se alguma variação, com os tratamentos compostos pelos substratos de perlite e zeolite (P, Z, Cont e Z+P) a evidenciarem melhores resultados em relação às misturas com perlite fina, fibra de coco e areia (Pf, P+C, Z+C, A, Z+A, C+A). Destaca-se sobretudo o tratamento de perlite (P), com o maior número de rebentos plantados. Obteve-se a pior produtividade na mistura de coco+areia (C+A), registando-se, inclusivamente, os três piores resultados nos substratos mistos com fibra de coco, onde também se verificou bastante humidade. Face ao exposto, deve ter-se alguma cautela na análise dos resultados, e ter-se em consideração que, por opção experimental, o sistema de gestão de rega e fertilização utilizado nos pés-mãe seguiu o regime descrito para a sua plantação em perlite, e habitualmente usado nos VF, o que pode encobrir em parte o potencial dos outros substratos.

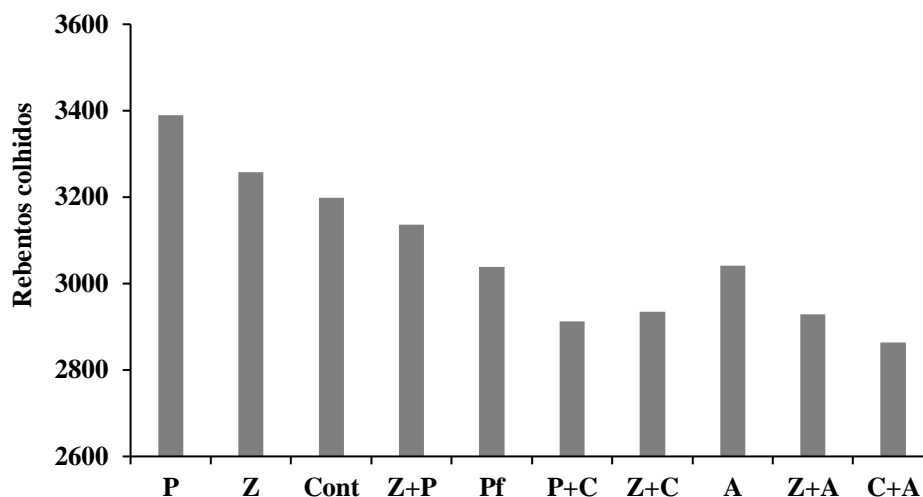


Figura 5. Número de rebentos colhidos acumulados de janeiro a outubro 2020.

Enraizamento das estacas

Quando considerado no período entre janeiro e outubro 2020 o número total de estacas enraizadas em relação às colhidas – taxa de enraizamento (Fig. 6) –, a variação entre tratamentos é bastante baixa, apesar da tendência ligeiramente superior para melhores resultados no substrato zeolite (Z), com 79% das estacas enraizadas. Num patamar inferior, identificaram-se novamente substratos compostos por fibra de coco, nomeadamente o coco+areia (C+A) e perlite+coco (P+C), com 68 e 74% dos rebentos enraizados, respetivamente.

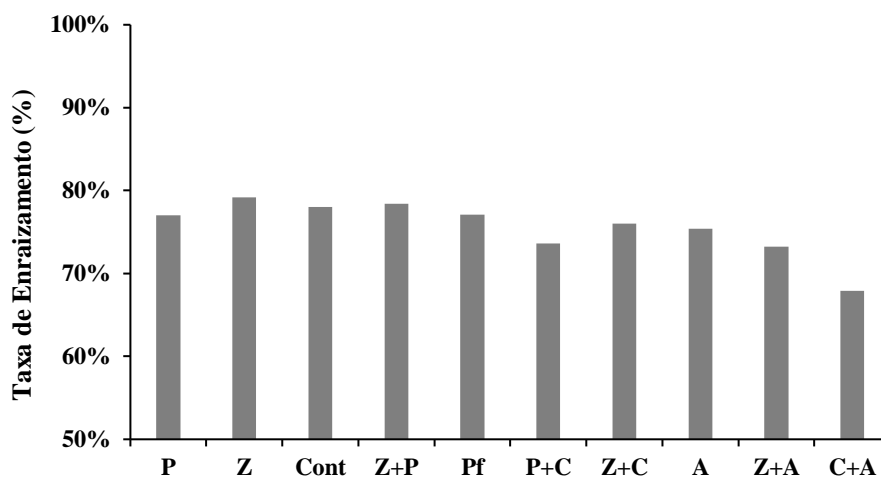


Figura 6. Taxa de enraizamento do total de rebentos colhidos de janeiro a outubro 2020, com base no cálculo: $\text{Taxa de enraizamento (\%)} = \frac{\sum \text{rebentos enraizados às 12 semanas}}{\sum \text{rebentos colhidos}}$

Até ao momento, pode destacar-se que os substratos que incluem elementos orgânicos (fibra de coco) têm tido resultados inferiores aos substratos inorgânicos de perlite e zeolite. Para avaliar possíveis diferenças e justificar semelhanças e variações entre os cinco tipos de substrato em teste, prevê-se a realização de análises químicas mais detalhadas, com foco na determinação de micro e macronutrientes presentes nos drenados.

CONCLUSÕES

Dado que este ensaio ainda se encontra a decorrer, com os dados preliminares disponíveis até ao momento, foi possível verificar uma resposta superior do clone *E. globulus* nos tratamentos compostos por perlite e zeolite, em termos do número total de rebentos colhidos e da respetiva taxa de enraizamento. Com um valor superior de produtividade no tratamento perlite (P), a zeolite (Z) por sua vez, evidenciou melhor taxa de enraizamento dos rebentos, refletindo uma maior eficiência no processo. Por sua vez, os piores resultados de produção e enraizamento foram identificados nos substratos com fibra de coco, sobretudo no coco+areia (C+A). Com 9 meses de ensaio, verifica-se assim que o substrato misto de perlite e zeolite (Controlo) utilizado nos Viveiros do Furadouro, mostra bom desempenho ao aliar os bons resultados de produtividade e enraizamento de ambos os substratos.

Relativamente ao desenvolvimento radicular dos pés-mãe, não foram observadas diferenças consideráveis, com uma densidade radicular semelhante entre tratamentos. A crescente e elevada mortalidade registada nos substratos de areia e coco (sobretudo no primeiro), poderá estar relacionada com o excesso de água identificado no momento da realização da amostragem destrutiva dos pés-mãe. Assim, a diferente hidratação dos substratos observada levanta a questão da necessidade da existência de um melhor controlo do regime de fornecimento de água e nutrientes em função do tipo de substrato. A gestão desadequada da fertirrega em alguns substratos pode inclusivamente estar a prejudicar a resposta dos pés-mãe ao nível de produtividade de rebentos e da sua capacidade de enraizamento.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto intitulado “iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais”, com a referência “33507_iPLANT”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020) e do Lisboa2020 - Programa Operacional Regional de Lisboa.

REFERÊNCIAS

- [1] Miner, J. A. (1994). Composición del medio de cultivo. *Sustratos: propiedades y caracterizacion*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, 172pp.
- [2] Guerrini, I. A., & Trigueiro, R. M. (2004). Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(6), 1069-1076.
- [3] Louro, M. & Reis, M. (2020). *Manual de cultivo sem solo: aspetos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato*. Agrobok, 458pp.
- [4] Papadopoulos, A. P., Bar-Tal, A., Silber, A., Saha, U. K. & Raviv, M. (2008). Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes. *Soilless Culture, Theory and Practices*. Elsevier Science, Amsterdam, 505-543.

Anexo 7

Projeto 33507

Título: iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais.

O projeto iPlant foi lançado em 2018, com vista a identificar novos materiais genéticos a partir das atuais populações de melhoramento e desenvolver soluções para produção destes materiais em larga escala, de modo ao mercado dispor plantas que melhorem a floresta de eucalipto nacional, promovendo a médio-longo prazo uma maior resiliência e produtividade das plantações, e melhor qualidade da matéria-prima, quer para o produtor florestal quer no processo fabril de transformação.

O consórcio do projeto inclui a The Navigator Company (RAIZ – Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Navigator Forest Portugal e Navigator Papel Figueira), e Altri (Viveiros do Furadouro). Une assim esforços das duas principais empresas de produção de pasta e papel em Portugal bem como de um dos maiores viveiros florestais em Portugal e de um Instituto de Investigação.



Membros da equipa **iPLANT** dos Viveiros do Furadouro/Altri Florestal, em cima, e do RAIZ/The Navigator Company, em baixo.

Objetivos específicos do projeto

A estratégia do projeto assenta em dois eixos fundamentais: a melhoria genética das plantas a disponibilizar pelos viveiros e a otimização do sistema de clonagem que permita uma produção em larga escala destes materiais. Neste sentido, são objetivos do projeto:

- Identificar e disponibilizar novos materiais genéticos (clones) de eucalipto, produtivos, diversos, tolerantes a fatores climáticos adversos (com destaque para secura e geada) e com propriedades da madeira adequadas para produção de pasta e papel.
- Desenvolver um sistema inovador para produzir estacas de eucalipto a nível operacional, melhorando a produtividade dos pés-mãe, o enraizamento das estacas e a qualidade das plantas que saem do viveiro.

Importância do projeto e do apoio COMPETE

A floresta nacional de eucalipto é responsável, atualmente, pela produção de mais de 6 milhões de metros cúbicos de madeira por ano, fundamental para o suprimento de matéria-prima para fabricação de celulose de elevada qualidade, numa fileira competitiva e de elevado valor acrescentado. Num contexto de alterações climáticas e de restrições na expansão de área de plantações, torna-se essencial desenvolver variedades de plantas resilientes a situações de stress ambiental e de doenças e com aumento do seu potencial produtivo da floresta.

O projeto **iPLANT** irá gerar benefícios diretos através da identificação e produção de clones de elevado mérito genético, melhorando a eficiência e capacidade dos sistemas de produção dos viveiros, e aumentando a disponibilidade no mercado de plantas melhoradas. Este resultado vai ao encontro das necessidades da procura, sejam das empresas promotoras do projeto, sejam de muitos produtores florestais que desejam renovar as suas plantações.

O financiamento do projeto tem sido fundamental em diferentes aspetos, melhorando as infraestruturas de propagação e elevando a qualidade da experimentação realizada, possibilitando a criação de indicadores de gestão ambiental dos sistemas de produção de plantas em viveiro, mais simples e robustos. Destaca-se ainda a instalação de estruturas, equipamentos e software de monitorização de rega, fertilização e controlo ambiental, o que permitiu desenvolver e testar soluções de maior eficiência. Este esforço traduziu-se numa melhoria da qualidade das conclusões científica a partir dos ensaios realizados. Em especial, o projeto permitiu o investimento em equipamentos específicos para testes no âmbito da produção de plantas, incluindo o de luzes artificiais de diferentes espectros e equipamentos de monitorização de campo, permitiu agregar aos atuais programas de melhoramento genético da Navigator e Altri, uma melhor caracterização da resistência à secura e geada.

Ponto de situação do projeto

O projeto teve início em meados de 2018, estando já na reta final de execução e, por isso, grande parte dos investimentos e ensaios já foram realizados, ou estão em fase final de monitorização e análise de dados.

Na componente de seleção dos indivíduos superiores (Atividade 2 do projeto), os trabalhos de análise de informação às bases de dados do RAIZ e ALTRI foram já finalizados, bem como as tarefas de recolha de campo, estando apenas em finalização um último ensaio de vasos em estufa referente à tolerância de diferentes clones à secura. Alguns clones elite encontram-se já identificados e em fase de produção experimental.

A Atividade 3 engloba a maioria dos ensaios de investigação previstos no projeto e considera três grupos de tarefas, os dois primeiros grupos dedicados à produção de plantas por mini-estacaria, na produtividade dos pés-mãe e enraizamento das estacas, e o terceiro grupo focado no crescimento das plantas na fase de atempamento. Os resultados do efeito do uso de luzes artificiais na produção de pés-mãe e respetivo enraizamento de estacas foram apresentados e publicados recentemente na XXV Conferência TECNICEIPA. O maior controlo do sistema de rega e automatização testado nalguns ensaios de nutrição, permitiu ainda implementar um regime de fertilização mais responsivo às necessidades das plantas, estando estes em fase de operacionalização. Os ensaios dedicados ao controlo do crescimento das plantas em atempamento não se traduziram em resultados positivos, embora esteja a decorrer um último teste em viveiro. No que respeita ao desenvolvimento de um sistema de produção de estacas por aeroponia (sem uso de substrato), os ensaios têm revelado resultados muito promissores. Por isso, esforços estão a ser feitos para na fase final do projeto se avançar com protótipos de modo a operacionalizar este sistema alternativo de produção de plantas.

A Atividade 4, desenvolvida em maior escala nos Viveiros Furadouro, permitiu implementar vários testes semi-operacionais, designadamente com luzes artificiais e distintos substratos. Os resultados, que irão permitir realizar uma avaliação económica dos tratamentos mais favoráveis, estão de momento numa fase de conclusão .

Anexo 8

iPLANT – projeto de inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto

Rute C. Nogueira^{1*}, Luís Fontes², Mário Louro², Luís C. Leal², Ivone Neves¹

¹ Viveiros do Furadouro, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal;

² Altri Florestal, Quinta do Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal

* E-mail do autor de contacto: rute.nogueira@altri.pt

O aumento na capacidade de produção industrial alcançada nos últimos anos no setor da pasta e papel conduziu ao aumento de procura de matéria-prima, tornando premente uma floresta mais produtiva e eficiente para manter a competitividade a nível global. Adicionalmente, face ao contexto atual de alterações climáticas, é necessário integrar novos critérios de seleção de plantas para que a floresta tenha maior resiliência e adaptabilidade a fatores bióticos e abióticos que ponham em risco a sobrevivência das plantações e a disponibilidade de madeira.

Iniciado em outubro de 2018 e com término previsto em setembro de 2021, o projeto iPLANT tem como objetivos disponibilizar plantas com características que contribuam para superar os desafios atuais, ao mesmo tempo inovando o sistema de produção de plantas para que seja mais eficiente. Este projeto engloba a participação e o *know-how* de várias entidades públicas e privadas, entre as quais os grupos Altri (pelos Viveiros do Furadouro e Altri Florestal) e The Navigator Company (pela Navigator Brands,

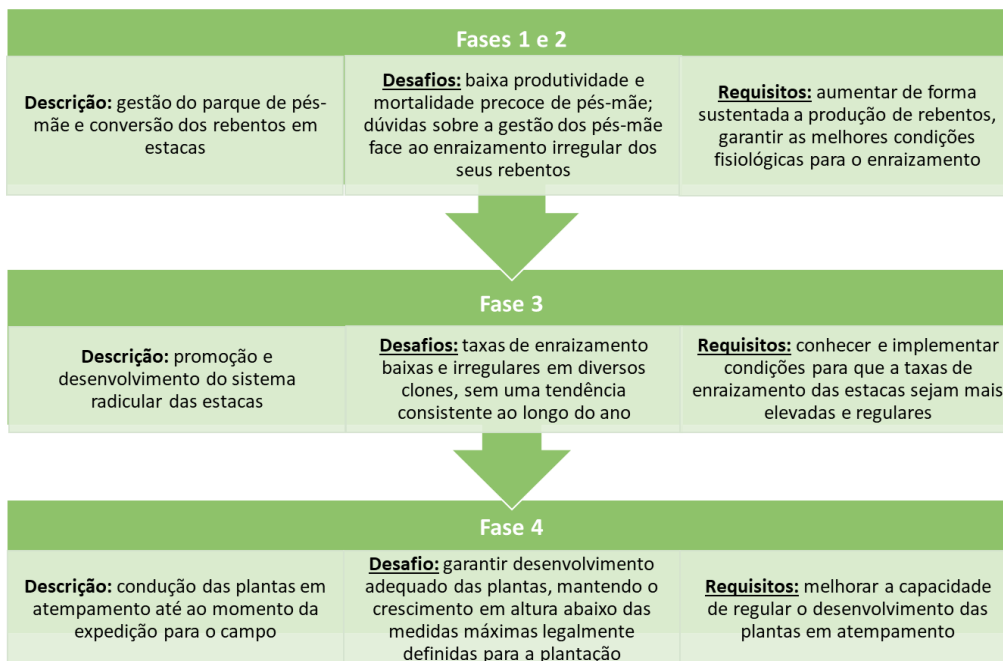
Navigator Forest, Instituto Raiz e Viveiros Aliança), o Instituto Superior de Agronomia (ISA) e o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV).

Numa primeira fase do projeto, selecionou-se um conjunto dos melhores materiais genéticos de ambas as empresas (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* e híbridos de diversas espécies) em relação aos fatores de crescimento, propriedades da madeira e sobrevivência a diferentes condições edafoclimáticas. Foram também identificadas as limitações dos sistemas de produção de plantas, bem como, os requisitos que deverão ser cumpridos em cada sistema para aumentar a eficiência do viveiro na produção e disponibilização de plantas.

Considerando o método de produção de plantas através de clonagem por miniestacaria, foram identificados desafios e requisitos em cada fase do processo:



Figura 1 – Sistema de iluminação artificial instalado na estufa de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro.



A gestão adequada das plantas que dão origem aos rebentos que são postos a enraizar, denominadas pés-mãe, tem impacto na quantidade e qualidade dos rebentos produzidos e na sua capacidade de enraizar. Em estudos anteriores têm sido descritos alguns fatores que podem influenciar o enraizamento do eucalipto, dependendo da espécie, tais como: a intensidade de luz, o fotoperíodo e a qualidade espectral (Fett-Neto *et al.*, 2001, Fogaça e Fett-Neto, 2005, Ruedell *et al.*, 2013), a nutrição (Schwambach *et al.*, 2005), e as condições de temperatura e humidade (Louro, 2011).

No decorrer do projeto, foram efetuados diversos trabalhos de investigação para dar uma resposta inovadora às principais limitações e requisitos identificados, com o intuito de atualizar o protocolo de clonagem com melhorias nas diversas fases do sistema à escala operacional, possibilitando uma produção mais eficiente de plantas e de um leque mais alargado de materiais genéticos.

Focando os ensaios mais relevantes, procedeu-se à instalação de iluminação artificial LED no parque de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro, de forma a testar em ambiente controlado o efeito da quantidade e qualidade da luz na produtividade de estacas e eficiência no enraizamento durante vários ciclos de colheitas a uma escala piloto. Foram instalados quatro tipos de espectros de luz (três com diferentes intensidades de vermelho-longínquo e um semelhante à radiação solar), definiu-se um fotoperíodo de 16h, e selecionaram-se seis clones de *E. globulus* de entre os que estão em produção operacional e dos que têm elevado potencial para passarem a ser produzidos operacionalmente. Após um ano de ensaio, pode destacar-se o aumento do número de estacas produzidas e enraizadas em todos os tratamentos de luz, com ganhos de até 50% face ao controlo. Por outro lado, registou-se um impacto negativo na taxa de enraizamento dos rebentos sob efeito de iluminação artificial. Estes resultados colocam o desafio de ajustar o sistema de produção quando se usa luz suplementar, de forma a capturar não só o ganho na produtividade, como também na taxa de enraizamento.

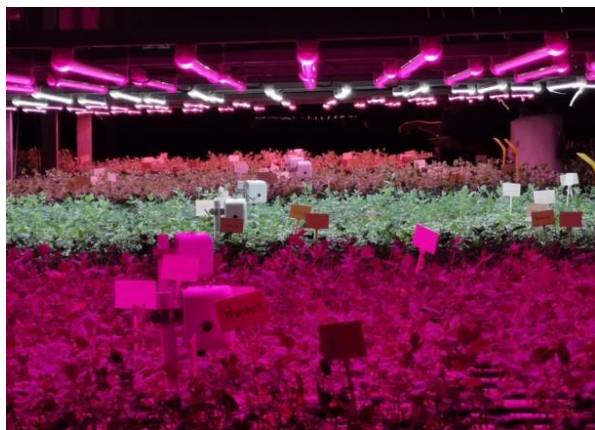


Figura 2 – Ensaio de espectros de luz instalado no parque de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro.

No parque de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro, utiliza-se atualmente um substrato misto de perlite e zeolite. Dado esta ser uma alteração recente, é pertinente compará-lo com outros tipos de substrato. No âmbito do projeto, foram avaliados cinco tipos de substrato, individualmente ou em mistura – perlite, perlite fina, zeolite, fibra de coco e areia – num total de dez tratamentos.



Figura 3 – Ensaio de substratos instalado na estufa de I&D da Altri Florestal.

Após nove meses de colheitas, obteve-se no substrato de perlite o maior número de estacas produzidas por m^2 de pés-mãe, e na zeolite a melhor taxa de enraizamento (79% dos rebentos enraizados). Tem sido identificada uma tendência para ganhos superiores nos pés-mãe plantados em substratos compostos por perlite e zeolite, contrariamente à areia e fibra de coco, com os piores resultados. Com os dados disponíveis até ao momento, e para as condições atuais de gestão do sistema de produção, o substrato misto de perlite e zeolite utilizado nos Viveiros do Furadouro mostra ser uma opção bastante viável, ao aliar um bom desempenho de produtividade e enraizamento.

Efetuuou-se uma amostragem destrutiva dos pés-mãe para análise do sistema radicular, e observou-se em todos os substratos um desenvolvimento idêntico, com uma densidade radicular semelhante entre tratamentos. A principal diferença identificada ocorreu na zeolite, com maior secura, possivelmente devido à sua elevada capacidade de adsorção e troca catiónica, que lhe permite facilmente ganhar e perder água sem alteração da sua estrutura (Gül *et al.*, 2005). Adicionalmente, os tratamentos com areia e fibra de coco evidenciaram excesso de humidade. Os diferentes graus de hidratação identificados, bem como a mortalidade de pés-mãe, revelaram a importância de um controlo do regime de fornecimento de água e nutrientes em função do tipo de substrato, o que conduziu ao aumento da frequência de fertirrega aplicada à zeolite e, inversamente, à diminuição na areia e fibra de coco.

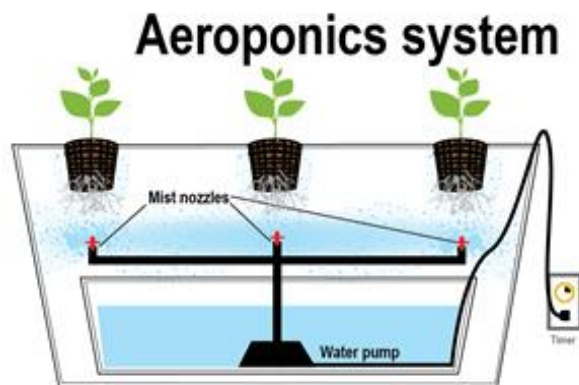


Figura 4 – Ilustração exemplificativa de sistema de aeroponia. Fonte: <https://www.eco-growing.com/aeroponia/>

No seguimento de inovar o processo de clonagem usufruindo de novas tecnologias, foram realizados diversos testes de promoção do enraizamento em sistema de aeroponia (ilustração de exemplo na Fig. 4), com benefícios sobretudo ao nível da otimização do espaço útil de produção do viveiro. A aeroponia é uma prática de cultivo sem utilização de substrato, sendo as estacas mantidas suspensas no ar, apoiadas habitualmente acima de onde se prevê a formação das raízes, e em que a hidratação e nutrição da base das plantas é realizada por aspersão de uma solução de circulação com as características pretendidas. Num contexto científico, esta técnica permite avaliar os resultados

dos tratamentos aplicados para a promoção do sistema radicular de forma imediata e não destrutiva, possibilitando um acompanhamento regular nas diversas fases de enraizamento.

Foram realizados vários ensaios com recurso a *kits* de aeroponia e auxina IBA (ácido indol-butírico) de novembro/2019 a fevereiro/2021, tendo-se avaliado o efeito no enraizamento e sobrevivência de estacas de diversos tratamentos e variações ao processo habitual de promoção radicular, entre as quais: no método de aplicação da hormona IBA; no período durante o qual as estacas estiveram sujeitas à hormona; na concentração de hormona diluída na solução de circulação; diferentes condições ambientais e de luz artificial (em câmara de crescimento, no laboratório, em estufa); sem corte do ápice e parte terminal das folhas; e colheita de rebentos em pés-mãe plantados junto a gotejadores de rega vs colheita aleatória).

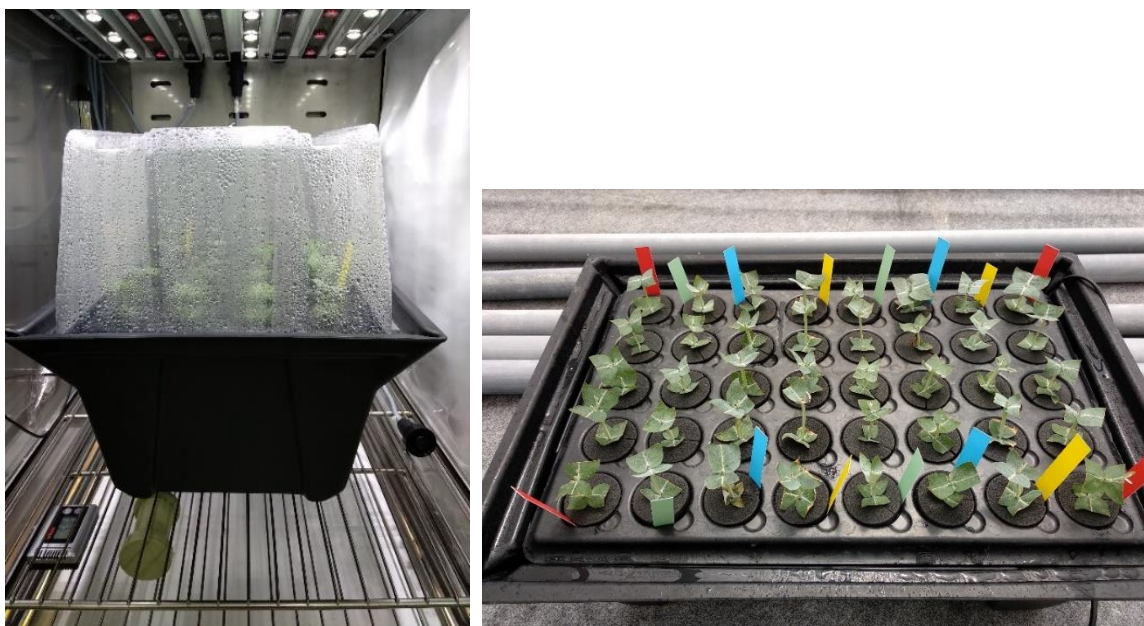


Figura 5 – *Kits* utilizados para os ensaios de aeroponia.

Os resultados destes ensaios foram bastante promissores, apesar de se ter identificado o estado fisiológico dos pés-mãe e a qualidade das respectivas estacas como importantes condicionantes ao desenvolvimento de raízes e ao sucesso de implementação desta metodologia. Com este sistema inovador, foram alcançados enraizamentos na ordem dos 100% em estacas de clones bastante recalcitrantes ao enraizamento. Além da qualidade dos rebentos, outras condições mostraram influenciar o enraizamento e sobrevivência das estacas, nomeadamente a temperatura ambiente, humidade no interior do *kit*, e modo de aplicação e concentração da hormona IBA, com elevada mortalidade das estacas e formação de *callus* bastante desenvolvidos quando em níveis desadequados.

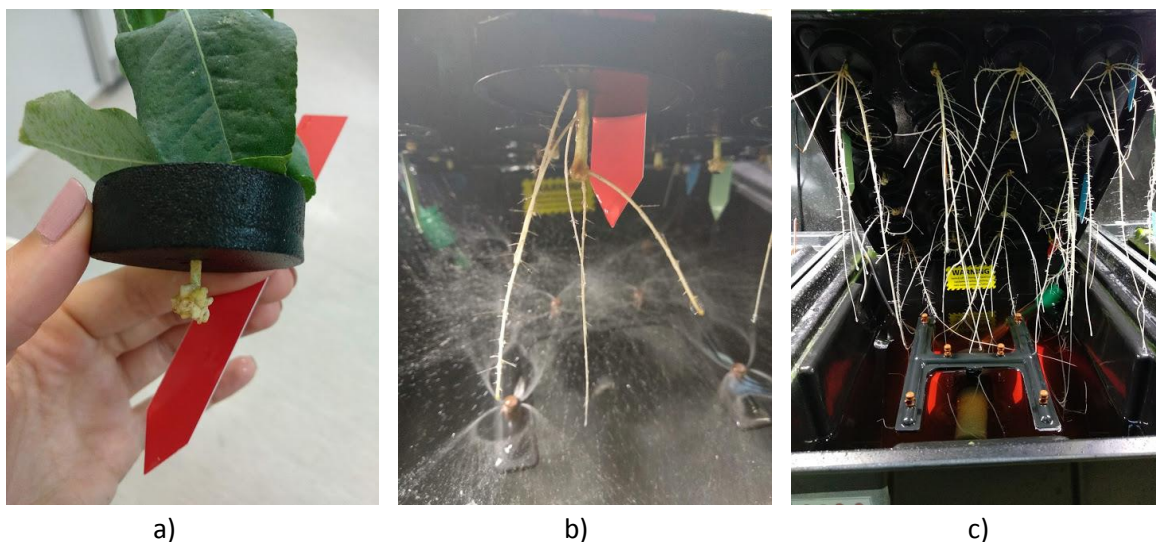


Figura 6 – Sistema radicular de estacas provenientes dos ensaios de aeroponia: a) formação de *callus*, sem desenvolvimento de raízes; b) e c) exemplos do desenvolvimento radicular de estacas.

No decorrer do projeto iPLANT, outros ensaios foram realizados no âmbito da promoção da produtividade, do enraizamento, da fitossanidade e do atempamento em viveiro por ambas as empresas, com resultados e ganhos que conduziram a alterações e melhorias nos sistemas de propagação vegetativa existentes. Relativamente à implementação de tecnologias com um custo de investimento mais elevado – como a iluminação artificial – irá realizar-se uma análise económica considerando os custos e benefícios gerados. O projeto IPLANT permitiu identificar plantas produtivas, resilientes a fatores de *stress* resultantes das alterações climáticas, com propriedades da madeira adequadas para produção de pasta e papel, bem como tornar mais eficiente o processo de produção de plantas conduzindo a benefícios relevantes para a fileira do eucalipto.



Figura 7 – Membros da equipa iPLANT dos Viveiros do Furadouro e Altri Florestal.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto intitulado “iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais”, com a referência “33507_iPLANT”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020) e do Lisboa2020 - Programa Operacional Regional de Lisboa.

Co-Financiado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Referências bibliográficas

Fett-Neto, A. G., Fett, J. P., Goulart, L. W. V., Pasquali, G., Termignoni, R. R., & Ferreira, A. G. (2001). Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology*, 21(7), 457-464.

Fogaça, C. M., & Fett-Neto, A. G. (2005). Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 45(1), 1-10.

Gül, A., Eroğul, D., & Ongun, A. R. (2005). Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. *Scientia Horticulturae*, 106(4), 464-471.

Louro, M. (2011). Modelação de clima em estufa climatizada para produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus globulus* Labill. Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Ponte de Lima.

Louro, M. & Reis, M. (2020). Cultivo em substratos. *Manual de cultivo sem solo - Aspectos teóricos e práticos dos cultivos hidropônicos e em substrato*. Agrobook, 97-163.

Ruedell, C. M., de Almeida, M. R., Schwambach, J., Posenato, C. F., & Fett-Neto, A. G. (2013). Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 69(3), 235-245.

Schwambach, J., Fadanelli, C., & Fett-Neto, A. G. (2005). Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology*, 25(4), 487-494.

Anexo 9



XV PORTUGUESE-SPANISH SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS

Leaf abscission patterns of *Eucalyptus globulus* clones in response to drought

Costa-e-Silva, F^{1,2*}, Pinto, CA^{3,2}, Correia, AC^{3,2}, Rodrigues, A^{1,2}, Araújo, JA⁴, Costa, J⁴, Borralho, N⁴, Fontes, L⁵, David, TS^{3,2}

¹ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

² CEF – Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

³ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Av. da República, Quinta do Marquês, 2780-157 Oeiras, Portugal

⁴ Instituto de Investigação da Floresta e Papel (RAIZ), Quinta de S. Francisco, 3801-501 EIXO, Portugal

⁵ Altri Florestal, Viveiros do Furadouro, Quinta Furadouro, 2510-582 Olho Marinho, Portugal

* Costa-e-Silva, F: filipecs@isa.ulisboa.pt

Pinto, C: clara.pinto@iniav.pt

Correia, AC: alexandra.correia@iniav.pt

Rodrigues, A: anadr@isa.ulisboa.pt

Araújo, JA: jose.araujo@thenavigatorcompany.com

Costa, J: joana.costa@thenavigatorcompany.com

Borralho, N: Nuno.Borralho@thenavigatorcompany.com

Fontes, L: luis.fontes@altri.pt

David, TS: teresa.david@iniav.pt

Eucalypt plantations are responsible for the supply of raw material to a high value-added industry. Ongoing climate changes and the need to increase the yield and resilience of eucalyptus plantations, highlighted the importance for breeding programs to select genetic materials both more productive and effective against adverse climatic factors. Improve the selection efficiency of genotypes in breeding programs can be enhanced through a better understanding of the physiological and morphological responses to drought of selected clones. During droughts, leaf abscission reduces water loss, thereby stabilizing water potential and protecting against cavitation-induced mortality. However, the timing, rate and extent of leaf shedding can vary considerably among genotypes, suggesting different levels of drought tolerance and maintenance of vascular systems.

We aimed to study some of the physiological and morphological plant responses to imposed drought, with emphasis on the patterns of leaf abscission. A greenhouse experiment was set up with six *E. globulus* clones subjected to well-watered (WW) and progressive water



XV PORTUGUESE-SPANISH SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS

stressed (WS) conditions for 46 days. Main measurements included plant water status and transpiration, hydraulic conductance, root/shoot ratio, plant growth and leaf shedding monitoring.

Water stress led to an average reduction of about 40% in mean total biomass growth in comparison to WW plants. All clones showed great variability in root system biomass investment and in relative biomass growth rate under WS, ranging from 11 to 20% and from 1.8 to 11.8 mg.g⁻¹.day⁻¹, respectively, during the experiment. However, the range in water use efficiency was less marked (1.1 to 4.7 g.L⁻¹H₂O). After 30 days of imposed water stress the most drought-sensitive clone shed 70% of leaf area against 24% in less drought-sensitive genotypes. Results suggest that successful drought acclimation may be the outcome of different processes, including changes in the relationship between root biomass and transpiration area during the progressing water stress.

Preferred presentation: ORAL

Preferred session:

Session I - Plant water relations: molecular and ecophysiological aspects

Session IV - Forests under climate change

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto intitulado “iPLANT - Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais”, com a referência “33507_iPLANT”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020) e do Lisboa2020 - Programa Operacional Regional de Lisboa.

Co-Financiado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional