

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* EM SISTEMA DE AEROPONIA

SUMÁRIO

A aeroponia é um sistema inovador de cultivo de estacas, em que as estacas são mantidas hidratadas e nutridas sem utilização de substrato, tendo como principais benefícios a otimização do espaço útil de produção do viveiro, e a diminuição da frequência de rega. Para testar o potencial de uso desta metodologia na propagação vegetativa de *Eucalyptus globulus*, foram realizados diversos ensaios exploratórios nos Viveiros do Furadouro entre 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. O tratamento com melhor taxa de enraizamento e sobrevivência de estacas foi obtido com a combinação dos métodos de Imersão Basal Contínua (IBC) e Basal Long Soak (BLS), permitindo o enraizamento a 100% de estacas de clones bastante recalcitrantes ao enraizamento. Os resultados destes ensaios foram bastante promissores, apesar de inconsistentes, o que pode ser associado a diversos fatores como o estado fisiológico dos pés-mãe e a qualidade das respectivas estacas, a hidratação inicial das estacas no sistema, e as condições ambientais no interior do kit. Em ensaios futuros, é necessário compreender os fatores de variação que possam condicionar o sucesso de implementação desta metodologia, além de avaliar o seu potencial de uso apenas numa primeira fase de indução radicular, com transição para substrato na fase de expressão das raízes.

Palavras-chave: Aeroponia, enraizamento, estacas, *Eucalyptus globulus*, IBA, sobrevivência

SUMMARY

Aeroponics is an innovative cutting cultivation system, in which the cuttings are kept hydrated and nourished without the use of substrate, with the main benefits of optimizing the nursery's useful production space and reducing the frequency of watering. To test the potential use of this methodology in the vegetative propagation of *Eucalyptus globulus*, several exploratory tests were carried out in Viveiros do Furadouro between November/2019 and February/2021, evaluating the effect of different treatments and variations to the usual process of root promotion on rooting and survival of cuttings. The treatment with the best rooting rate and cuttings survival was obtained with the combination of the Continuous Basal Soak and Basal Long Soak methods, allowing 100% rooting of very recalcitrant clone. The results of these trials were very promising, although inconsistent, which can be associated with several factors such as the physiological state of the mother feet and the quality of the respective cuttings, the initial hydration of the cuttings in the system, and the environmental conditions within the kit. In future trials, it is necessary to understand with more detail the variation factors that may affect the successful implementation of this methodology, in addition to evaluating its potential use only in the first phase of root induction, with transition to substrate during the root expression phase.

Keywords: Aeroponics, cuttings, *Eucalyptus globulus*, IBA, rooting, survival

INTRODUÇÃO

A aeroponia é uma prática de cultivo sem utilização de substrato, sendo as estacas mantidas suspensas, 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.

Esta técnica poderá ter diversas vantagens para as plantas, entre as quais: a diminuição da evaporação, conduzindo a um menor consumo de água; o aumento da oxigenação das raízes ao crescerem suspensas, pode acelerar o desenvolvimento da planta; maior eficiência no aproveitamento do espaço, pela possibilidade de cultivar mais plantas por m². Num contexto científico, esta técnica permite avaliar os resultados dos tratamentos aplicados de forma imediata e não destrutiva, sobretudo quando se pretende a promoção do sistema radicular, possibilitando um acompanhamento regular nas diversas fases de enraizamento.

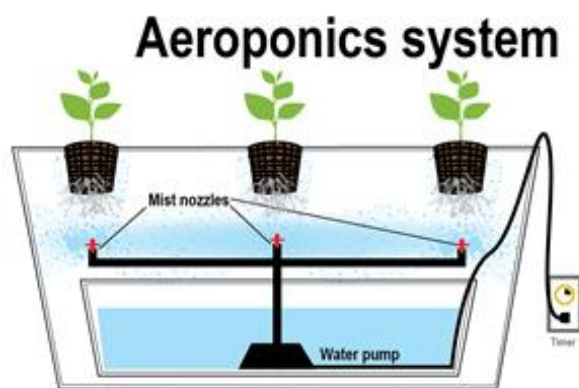


Figura 1 – Ilustração exemplificativa de sistema de aeroponia. Fonte:

<https://www.eco-growing.com/aeroponia/>

basal. No total, foram realizados seis ensaios entre o final de 2019 e início de 2021, e testados seis materiais genéticos de *E. globulus* produzidos nos Viveiros o Furadouro – AC58, BC422, CAM3, MB43 GM2-58 e YG15.

PARTE EXPERIMENTAL

Foram realizados seis ensaios de novembro/2019 a fevereiro/2021, com recurso a diversos kits de aeroponia, tendo-se avaliado o efeito de diversos tratamentos em relação ao processo habitual de promoção radicular – com aplicação de auxina IBA (ácido indol-butírico) em pó na base do caule – no enraizamento e sobrevivência de estacas. As principais variações testadas, foram:

No caso de espécies recalcitrantes ao enraizamento como a *Eucalyptus globulus*, este método de propagação ainda se encontra numa fase exploratória. Com o intuito de inovar o processo de clonagem no âmbito do projeto iPLANT, foram realizados diversos ensaios de promoção do enraizamento em kits de aeroponia. Neste tipo de kits, as plantas são desenvolvidas suspensas, num circuito fechado e humidificado por sistemas aspersores que tornam o ambiente saturado (ilustração na Fig. 1). Testaram-se diferentes metodologias e variações ao processo habitual de promoção radicular de estacas de *E. globulus* nos Viveiros do Furadouro, tendo como base alguns dos principais métodos de aplicação da auxina IBA (ácido indol-butírico) em estacas, por via foliar e

- Diferentes condições ambientais: na câmara (FitoClima 5.000 PH BIO) e estufa
- Diferentes combinações de luz artificial
- No método de aplicação da hormona IBA
- Na concentração de hormona diluída
- No período a que as estacas estão sujeitas à hormona
- Sem corte do ápice e parte terminal das folhas
- Colheita de rebentos em pés-mãe junto a gotejadores de rega vs colheita aleatória

No total, foram testados seis clones *E. globulus*: cinco puros (AC58, BC422, CAM3, MB43 e GM2-58) e um híbrido de *E. globulus* x *E. cypellocharpa* (YG15). Na maioria dos tratamentos, 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 (exceção para um dos tratamentos, sem corte do ápice e das folhas). Os rebentos foram selecionados aleatoriamente nas bancadas de produção.

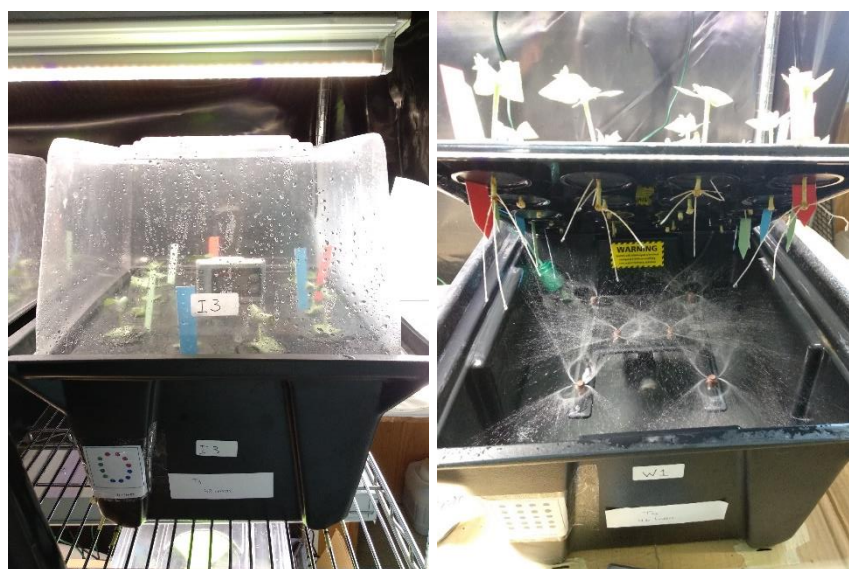


Figura 2 – Exemplo de kit de aeroponia utilizado em ensaio na câmara FitoClima. *Datalogger* colocado no interior do kit.

No decorrer dos ensaios, foi monitorizada periodicamente a condutividade elétrica, o pH e a temperatura da água de circulação. No interior das caixas, foram colocados também diversos dataloggers com monitorização contínua da temperatura e humidade (24h, 5 em 5 minutos). Realizou-se um acompanhamento das estacas e o registo da formação de *callus*, raízes, mortalidade (com remoção das estacas mortas), além de outras alterações observadas. As estacas foram tratadas quimicamente, com pulverização do fungicida utilizado no processo de produção habitual, durante a fase enraizamento. Nos ensaios em que foi utilizada iluminação artificial, foi definido um fotoperíodo de 16h. Os ensaios

decorreram na câmara FitoClima (5.000 PH BIO) e na estufa de I&D da Altri Florestal, utilizando estacas provenientes dos Viveiros do Furadouro.

Os principais métodos de utilizar hormona IBA em solução para promoção do desenvolvimento radicular em estacas têm como base a via foliar, pelos métodos de spray e imersão total das estacas, e a via basal, por imersão basal rápida e imersão basal longa – *basal long soak method* (Kroin, 1992; 2011).

As especificações de cada ensaio podem ser consultadas abaixo. É de notar que a escolha dos tratamentos foi realizada consoante os resultados registados nos ensaios anteriores em termos de enraizamento e sobrevivência. Os tratamentos controlo foram definidos consoante o melhor resultado obtido no ensaio anterior.

ENSAIO AE0 (18/11/2019 A 16/12/2019)

Objetivo: Avaliar o enraizamento de estacas com aplicação de auxina IBA em pó na base do caule, combinado com iluminação LED de diferentes espectros e intensidades (Tabela 1), de acordo com a fase de enraizamento prevista: 1 – indução, 2 – iniciação, 3 – expressão das raízes (Fogaça *et al.*, 2005).

Tabela 1. Programação da intensidade dos espectros branco e vermelho longínquo (VL) utilizados no ensaio AE0, considerando a fase de enraizamento das estacas.

Fase	Dias	Duração (dias)	Branco %	VL %	Intensidade ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Fotoperíodo (h)	DLI ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$)
1	3	3	10	50	45	16	3
1	1	4	10	10	42	16	2
1	3	7	30	50	62	16	4
2	10	17	50	75	149	16	9
2	4	21	50	25	77	16	4
2	7	28	75	25	97	16	6

Especificações: utilização de 1 kit de aeroponia | clones AC58, MB43 e YG15 | campânula fechada | água de osmose sem correção do pH | aspersão em contínuo | incorporação de fertilizante foliar Humigel Plus K - 150ml adubo/15L água (recomend: 10mL/1L água)

Alterações: Adicionado fertilizante foliar Humigelplus K à água de circulação no dia 13/12, à concentração recomendada de 10 mL/1L de água. No dia seguinte, verificou-se uma CE muito alta que provocou a morte das plantas e a água ficou bastante turva. Deu-se por terminado o ensaio.

ENSAIO AE1 (30/06/2020 A 28/08/2020)

Objetivos:

- Incorporação de hormona IBA em pastilha (Rhizopon) pelo método *Basal Long Soak*, diluída na água de circulação, durante diferentes intervalos de tempo;
- Efeito da localização das caixas: laboratório vs estufa de enraizamento; Teste ao sistema de

aspersão (diferentes bombas).

Método *Basal Long Soaking* (BLS): Aspersão da base dos caules com IBA diluído na água de circulação.

Tratamentos:

- Estacas sujeitas ao efeito da hormona por BLS durante 7, 24, 48 e 96 horas; concentração: 10mg/L (4 kits no laboratório)
- 1 kit na estufa de estufa de enraizamento com aplicação de IBA em pó na base do caule (método habitual de aplicação da hormona)
- **Controlo:** IBA em pó na base do caule (1 kit no laboratório)

Especificações: 6 kits de aeroponia | clones AC58, BC422, MB43 e GM2-58 | aspersão intermitente com programação diferenciada entre dia e noite | água de rede sem ajuste do pH | 16h de luz nos kits do laboratório - iluminação LED branca ($41.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Aspersão - Dia (5:00 – 21:00): Manhã (5:00 – 10:00) | Tarde (17:00 – 21:00) – **ON: 15min / OFF: 30min**

Meio do dia (10:00- 17:00) – **ON: 15min / OFF: 15min**

Noite (21:00 – 5:00): Três regas de 15min: 22:30, 12:30, 2:45

Alterações:

- Após alguns dias, alterou-se para aspersão contínua em 3 kits, devido à pouca eficiência das bombas;
- Ao final do 17º dia de ensaio: incorporou-se uma pastilha de *ASIR Forestal* (Atens) – ação de micorrizas –, na água de circulação de um dos kits, e 18 mL de *Root Stimulator* (B’cuzz, Atami) noutra kit.
- No final de julho: substituição das estacas de AC58 e MB43 com raiz e mortas num dos kits, por estacas de mini-estacaria (sem corte dos ápices e da parte terminal das folhas e com aplicação *standard* IBA em pó na base do caule antes da colocação em aeroponia).
- Duração de três tratamentos foi alargada até ao final do próximo ensaio para despistar resposta tardia do clone BC422 e avaliar efeito das alterações realizadas (tratamento na estufa, tratamento controlo e tratamento com substituição das estacas).

ENSAIO AE1.2 (29/07/2020 A 28/08/2020)

Objetivo: Avaliar o efeito da aplicação de IBA diluído (Rhizopon) na água de circulação em diferentes concentrações, pelo método BLS.

Tratamentos:

- Estacas sujeitas a hormona IBA durante 96 horas, a uma concentração variável de 10 (**controlo**), 25 e 50 mg/L; após as 96h, troca da água de circulação para água da rede;
- Três kits com tratamentos prolongados do ensaio AE1.

Especificações: semelhantes ao ensaio anterior

ENSAIO AE2 (14/09/2020 A 27/10/2020)

Objetivo: Testar novos métodos e variações de aplicação de auxina IBA, com base na aplicação basal e

foliar.

Tratamentos:

- **Controlo:** Método BLS durante 96 horas, concentração de IBA a 10 mg/L (1 kit)
- Imersão total das estacas individualmente durante 7 segundos, concentração a 200 mg/L (1 kit)
- Aplicação foliar por spray, IBA a 200 mg/L: 1 aplicação única, no início do ensaio (1 kit)
- Combinação de métodos (3 kits):
 - Aplicação foliar 1x (IBA a 200 mg/L) + método BLS (IBA 96h, 10 mg/L)
 - Aplicação foliar 4x (IBA a 200 mg/L, 1x/dia, 4 dias consecutivos) + método BLS (IBA 96h, 10 mg/L)
 - Imersão total das estacas (7 seg, IBA a 200 mg/L) + método BLS (IBA 96h, 10 mg/L)

Especificações: clones AC58, BC422, e MB43 | água de circulação: água de osmose com incorporação de solução nutritiva utilizada nos Viveiros do Furadouro | restantes especificações semelhantes ao ensaio anterior

ENSAIO AE3 (03/11/2020 A 11/12/2020)

Objetivo: Testar novas metodologias, com diferentes variantes e concentrações de IBA.

Tratamentos:

- **Controlo:** Método foliar 1 aplicação, IBA a 200 mg/L + Método BLS, 72 horas, IBA a 10 mg/L (1 kit)
- Método foliar 1 aplicação, IBA a 200 mg/L + Método BLS, 72 horas, IBA a 10 mg/L, com aspersão contínua (após troca da água de circulação, aspersão alterada para intermitente) (1 kit)
- Método foliar 1 aplicação, IBA a 1000 e a 1500 mg/L + Método BLS, 72 horas, IBA a 10 mg/L (2 kits)
- Método Imersão total das estacas 2 min, IBA a 1000 mg/L + Método BLS, 72 horas, IBA a 10 mg/L (1 kit)
- Método Imersão basal contínua (IBC) 24h, IBA a 10 mg/L + Método BLS, 48 horas, IBA a 10 mg/L (1 kit)
- Método BLS, 72 horas, IBA a 100 mg/L (1 kit)

Método Imersão basal contínua (IBC): base das estacas imersa continuamente na água de circulação, com IBA diluído (Fig. 3)

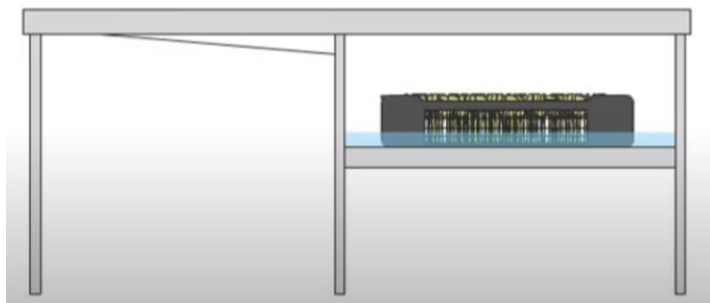


Figura 3 – Exemplo de imersão basal contínua das estacas. Fonte: <https://rhizopon.com/en>

Especificações: clones AC58, BC422, MB43 e CAM3 | restantes especificações semelhantes ao ensaio anterior

Por motivos operacionais, as estacas foram sujeitas ao método BSL durante 72h em invés de 96h, para que a substituição da água com IBA diluído ocorresse durante a semana. Desta forma, foi também possível testar a viabilidade de encurtar o tratamento com IBA.

Alterações: Incorporação de pastilhas Condor (Atens) – inóculo de fungos com micorrizas *Trichoderma koningii* TK7 – na água de circulação de alguns tratamentos para testar efeito na diminuição de podridões nas estacas

ENSAIO AE4 (15/12/2020 A 25/02/2021)

Objetivo: Validar e replicar tratamento com melhor resultado no ensaio AE3.

Tratamentos:

- Método IBC durante 24h, IBA a 10 mg/L + Método BLS durante 48h, IBA a 10 mg/L (5 kits)
- Igual ao tratamento base anterior, mas com estacas selecionadas junto aos gotejadores dos tubos de rega (1 kit)
- Método IBC durante 24h, IBA a 10 mg/L (1 kit)

Especificações: semelhantes ao ensaio anterior

Alterações: No decorrer do ensaio, devido a sinais de desidratação nas estacas, aumentou-se a frequência da aspersão em todos os kits – 15 min ON / 15 min OFF

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em termos de sobrevivência e enraizamento de estacas, bem como as observações registadas, são apresentadas abaixo, por tratamento.

ENSAIO AE0 (18/11/2019 A 16/12/2019)

Taxa de enraizamento

- AC58 – 25%
- MB43 – 38%
- YG15 – 75%

Observações: Estacas com oxidação do ápice e com desenvolvimento de fungos. Mortalidade da maioria das estacas ainda na fase 2 de enraizamento (iniciação do desenvolvimento radicular).

- Oxidação do ápice das estacas associado à exposição a uma intensidade de vermelho longínquo elevada e prolongada na fase 2 (75% de VL durante 10 dias);
- Tratamento com fungicida realizado apenas duas vezes, não foi suficiente para prevenir o desenvolvimento de fungos. Nos ensaios seguintes, optou-se por tratar as estacas semanalmente;
- Resposta negativa das estacas à incorporação de Humigelplus K (Tecniferti): sinais de desidratação e raízes necrosadas e amareladas, que conduziu à morte da maioria (Fig. 4);

- Mortalidade associada a uma concentração demasiado elevada do fertilizante: CE da água de circulação elevada (6.7 mS | Recomendado: < 1.8 mS) conduziu a um potencial osmótico da água mais negativo, impossibilitando a absorção de água pela planta;
- Estacas desenvolveram raízes antes da incorporação do Humigelplus K.



Figura 4 – Estacas com oxidação do ápice e com sinais de desidratação (ensaio AE0).

ENSAIO AE1 (30/06/2020 A 28/08/2020)

Melhores taxas de enraizamento: estacas sujeitas 96h a IBA diluído a 10 mg/L pelo método *Basal long soak* (BLS), e controlo (IBA em pó na base do caule, kit no laboratório)

- **AC58 – 100%**
- **MB43 – 0%**
- **YG15 – 50%**

Observações:

- Formação de raízes mais rápida no tratamento pelo método BLS com IBA durante 96h
- Estacas de BC422 não desenvolveram raízes em nenhum tratamento
- Formação de *callus* muito desenvolvidos nas estacas do kit da estufa, com IBA em pó na base do caule (Fig. 5A): possivelmente devido à temperatura mais elevada da estufa (Máx_{estufa}: 42.1 °C , Min_{estufa}: 20.1 °C / Máx_{contr}: 31 °C , Min_{contr}: 21.8 °C
- Pouca eficiência de algumas bombas, optou-se por aspersão contínua nestas ao invés da programação intermitente. Bombas substituídas para os ensaios seguintes
- *Root Stimulator* não evidenciou um efeito promotor do enraizamento no kit em que foi incluído, e *ASIR Forestal* pode ter provocado manchas acastanhadas e podridão na base do caule de algumas estacas (Fig. 5B).
- Estacas de mini-estacaria substituídas (sem corte do ápice e da parte terminal do par de folhas), apesar de se ter mantido o desenvolvimento da parte aérea, não formaram raízes (Fig. 5C).

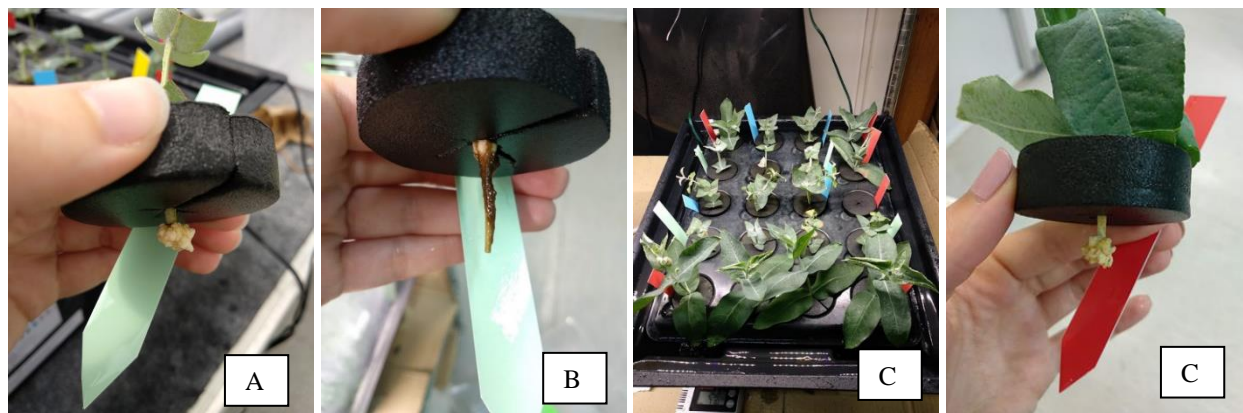


Figura 5 – A) Formação de *callus* no tratamento da estufa, sem o desenvolvimento de raízes; **B)** base do caule com manchas acastanhadas associadas à adição de ASIR Forestal; **C)** estacas de mini-estacaria substituídas, com parte aérea e *callus* bastante desenvolvidos.

ENSAIO AE1.2 (29/07/2020 A 28/08/2020)

Melhor taxa de enraizamento: estacas sujeitas 96h a IBA diluído a 10 mg/L pelo método BLS

- AC58 – 50%
- BC422 – 13%
- MB43 – 25%

Observações:

- Primeira estaca de BC422 com desenvolvimento de raiz no tratamento controlo (IBA a 10 mg/L, durante 96h) (Fig. 6A). Adicionalmente, este tratamento evidenciou menor mortalidade de estacas em relação aos restantes. Apesar de pouco eficiente, o tratamento mostrou ter algum interesse.
- Registou-se novamente alguma podridão na base das estacas, principalmente nos tratamentos com IBA a 25 e 50 mg/L de IBA, possivelmente por excesso de concentração de hormona.
- Identificou-se nas estacas a capacidade de cicatrização, com destacamento da podridão na base do caule (Fig. 6B)



Figura 6 – A) Capacidade de cicatrização das estacas, com formação de raiz e *callus* acima da podridão; **B)**

formação de raiz no clone BC422.

ENSAIO AE2 (14/09/2020 A 27/10/2020)

Melhor taxa de enraizamento: combinação de 1 aplicação foliar (200 mg/L) com método BLS (IBA 96h, 10 mg/L)

- AC58 – 100%
- BC422 – 0%
- MB43 – 63%

Observações:

- Melhoria na taxa de enraizamento do clone MB43
- BC422 sem nenhuma estaca enraizada
- No tratamento com aplicação foliar 4x + método BLS, observaram-se sintomas evidentes de excesso de umidade nas estacas (Fig. 2): folhas tombadas e formação de edemas foliares – pequenas bolhas esbranquiçadas na parte inferior das folhas (Motta *et al.*, 2012).

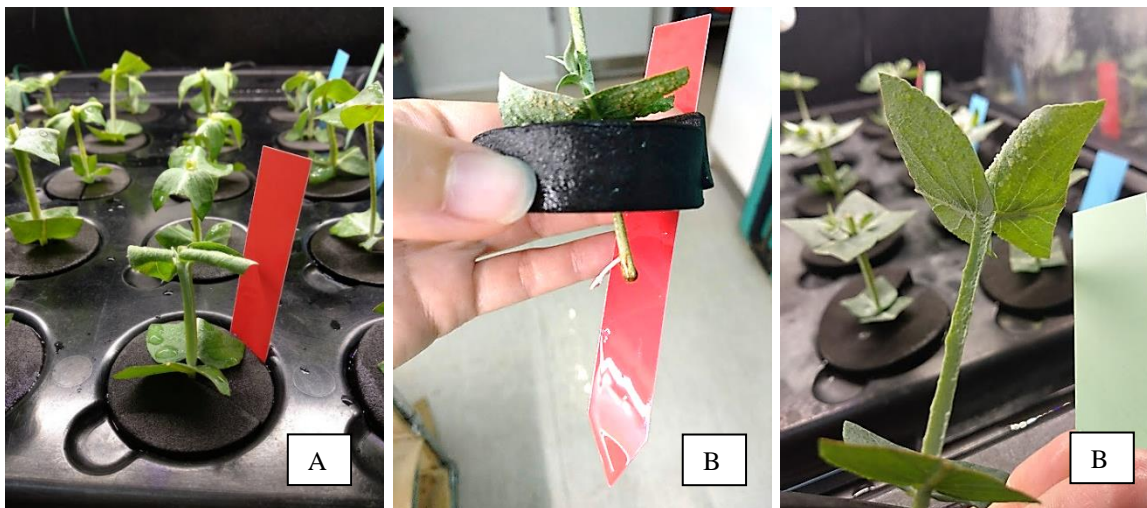


Figura 7 – Sintomas de excesso de umidade no tratamento 4 aplicações foliares de IBA diluído + método BLS, ensaio AE2: A) folhas tombadas; B) exemplo de bolhas formadas na parte inferior das folhas (estacas referentes a outro ensaio).

ENSAIO AE3 (03/11/2020 A 11/12/2020)

Melhor taxa de enraizamento: combinação dos métodos Imersão basal contínua, IBC (24h, com IBA a 10 mg/L), e BLS (IBA 72h, 10 mg/L)

- AC58 – 100%
- BC422 – 100%
- MB43 – 88%

Observações:

- Inicialmente formaram-se *callus* desenvolvidos no tratamento IBC + BLS. Apenas ao 20º dia de ensaio se registou o aparecimento de raízes
- Registou-se a formação de raízes em todas as estacas de AC58 e BC422, e apenas uma estaca de MB43 não desenvolveu raiz – melhor resultado obtido.
- No final do ensaio, as estacas deste tratamento estavam em melhores condições que nos restantes, e sem mortalidade.
- Nos tratamentos em que foi incorporado Condor (com micorrizas *Trichoderma koningii* TK7) observou-se um elevado crescimento bacteriano, não tendo sido também eficaz na diminuição da podridão das estacas.

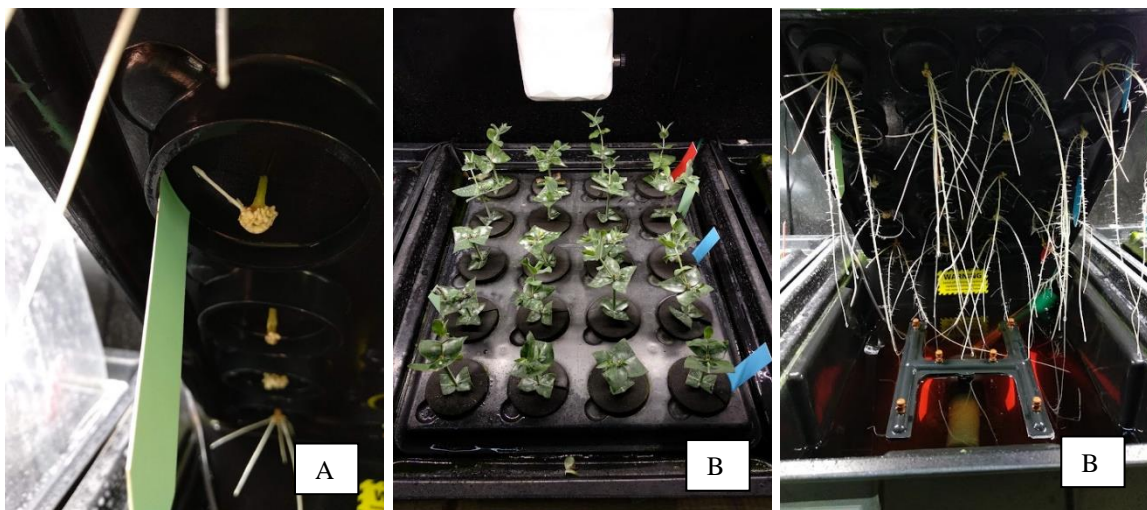


Figura 8 – Tratamento com combinação dos métodos de Imersão basal contínua (IBC) e *Basal long soak* (BLS) no ensaio AE3: A) primeiras raízes de BC422 formadas; B) estado das estacas no final do ensaio.

ENSAIO AE4 (15/12/2020 A 25/02/2021)

O enraizamento máximo e mínimo por clone, obtidos na combinação dos métodos IBC + BLS:

- AC58 – Máx: 100% | Mín: 50%
- BC422 – Máx: 38% | Mín: 0%
- MB43 – Máx: 75% | Mín: 13%
- CAM3 – 70% (presente apenas no controlo)

Observações:

- Resultados pouco consistentes entre os kits, e abaixo dos obtidos com este tratamento no ensaio anterior, sobretudo no clone BC422.
- No geral, baixa mortalidade e bom estado das estacas no final do ensaio
- Tratamento com aplicação de IBA apenas pelo método IBC teve

Neste ensaio AE4, pretendeu-se validar e replicar o tratamento com o melhor resultado de enraizamento alcançado em todos os ensaios (combinação entre IBC + BLS). Apesar da baixa mortalidade, o número de estacas enraizadas no clone BC422 foi bastante inferior ao ensaio anterior.

O clone BC422 foi o que mostrou maior suscetibilidade a eventuais variações entre ensaios, com um máximo de apenas 38% de enraizamento num dos kits do ensaio AE4. Contrariamente, a capacidade de enraizamento do AC58, mostrou menor sensibilidade, sendo que em alguns kits, manteve um enraizamento de 100%.

A qualidade das estacas entre colheitas foi identificada como uma das principais variáveis entre os dois ensaios. Na Tabela 2 pode ser analisada a taxa de enraizamento do total de rebentos colhidos dos pés-mãe em produção nos Viveiros do Furadouro, nos meses referentes às colheitas para os dois ensaios, nomeadamente entre outubro e dezembro/2020. Verifica-se uma baixa variação entre os três meses nos clones em estudo, não refletindo a resposta destes clones entre ensaios, pelo sistema de aeroponia. Inclusivamente, destacando o enraizamento de outubro e novembro do BC422 – coincidente com o ensaio AE3 – obteve-se uma taxa de 55 e 65%, respetivamente, pelo sistema habitual, não estando de acordo com os 100% de estacas enraizadas registadas neste clone no ensaio em aeroponia.

Apesar da taxa de enraizamento das estacas de produção não permitir inferir diretamente em relação à diferença de resposta das estacas entre ensaios de aeroponia, uma possível condição específica nos pés-mãe no momento da colheita de rebentos para o ensaio AE3 pode ter induzido a uma melhoria da qualidade dos rebentos e influenciado positivamente o seu enraizamento.

Tabela 2. Taxa de enraizamento do total de rebentos dos clones AC58, BC422, CAM3 e MB43 colhidos entre outubro e dezembro/2020 nos pés-mãe em produção nos Viveiros do Furadouro (não incluídos os rebentos colhidos para os ensaios de aeroponia).

	Out	Nov	Dez
AC58	83%	80%	76%
BC422	55%	65%	59%
CAM3	75%	80%	83%
MB43	61%	60%	65%

Também a ligeira desidratação de algumas estacas pode ter influenciado a sua capacidade de enraizamento, apesar da imediata alteração da programação da aspersão, com o aumento da frequência.

A variação na temperatura e humidade do interior dos kits entre tratamentos foi baixa. O ensaio AE3 foi realizado entre novembro e dezembro, registando-se uma temperatura média de 20.4 ± 1.0 °C e humidade 96.9 ± 2.3 % no interior do kit com o tratamento IBC + BLS (Tabela 3). Por sua vez, o ensaio AE4 decorreu entre dezembro e fevereiro, obtendo-se uma média de temperatura de 20.8 ± 0.9 °C e humidade 94.3 ± 1.6 % nos tratamentos coincidentes.

Os ensaios foram realizados no interior do laboratório, onde a temperatura é mais estável em relação ao exterior ou à estufa de I&D, embora este não seja climatizado, logo é previsível que ocorra alguma variação na temperatura. Com diferenças entre ensaios de apenas 0.4 °C na temperatura e 2.6% na humidade, não é, no entanto, expectável que estas variáveis possam ter influenciado a capacidade das estacas enraizarem.

Tabela 3. Registos de humidade e temperatura obtidos com os *Dataloggers*, nos ensaios AE3 e AE4, nos tratamentos coincidentes de Imersão Basal Contínua (IBC) + Basal Long Soak (BLS)

<i>AE3: tratamento IBC + BLS</i>		
	Humidade (%)	Temperatura (°C)
Média	96.9 ± 2.3	20.4 ± 1.0
Máximo	99.9	22.9
Mínimo	58.3	17.5
Amplitude	41.6	5.4
<i>AE4: tratamentos IBC + BLS</i>		
	Humidade (%)	Temperatura (°C)
Média	94.3 ± 1.6	20.8 ± 0.9
Máximo	99.3 ± 0.5	24.1 ± 1.0
Mínimo	49.6 ± 8.2	16.2 ± 0.4
Amplitude	49.7 ± 8.2	8.0 ± 0.6

Individualmente ou pela combinação de vários fatores, os resultados de replicação no ensaio AE4 ficaram abaixo do expectável, apesar dos tratamentos IBC + BLS se manterem como a melhor combinação testada em sistema de aeroponia, considerando a taxa de enraizamento máxima obtida de 100% nos clones AC58 e BC422, e de 88% no MB43.

Adicionalmente, esta combinação permitiu diminuir a mortalidade de estacas. Possivelmente, a possibilidade de através do método de IBC se manter de forma contínua a hidratação das estacas pela base nos primeiros dias, em que se encontram mais sensíveis, poderá ter induzido a uma maior resiliência das estacas.

CONCLUSÃO

Os resultados da propagação em sistema de aeroponia foram bastante promissores, apesar de se ter identificado alguma inconsistência no enraizamento entre ensaios. Com este sistema inovador, foram alcançados enraizamentos na ordem dos 100% em estacas de clones bastante recalcitrantes ao enraizamento.

O modo de aplicação e a concentração da hormona IBA mostraram ser alguns dos principais fatores que induzem a melhores taxas de enraizamento. No entanto, a combinação de fatores como o estado fisiológico dos pés-mãe e a qualidade das respetivas estacas, a hidratação inicial das estacas no sistema, bem como a temperatura ambiente e a humidade no interior do kit, podem ser possíveis condicionantes ao desenvolvimento de raízes e ao sucesso de implementação desta metodologia, dada a elevada mortalidade das estacas e formação de *callus* bastante desenvolvidos quando em níveis desadequados.

Em testes futuros, será fundamental avaliar o potencial de utilizar esta metodologia apenas numa primeira fase de indução do sistema radicular das estacas, com transição para o substrato na fase de emissão de raízes.

REFERÊNCIAS

Fogaca, 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.

Kroin, J. (1992). Advances Using Indole-3-butyric Acid (IBA) Dissolved in Water for-Rooting Cuttings, Transplanting, and Grafting. In *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, Vol. 42, pp. 345-346.

Kroin, J. (2011). How to improve cuttings propagation using water-based indole-3-butyric acid rooting solutions©. In *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, Vol. 61, p. 201t.

Motta, R. L.; Sambugaro, R., Laranjeiro, A. J. & Furtado, E. L. (2012). Manual de campo para identificação das principais doenças do eucalipto do Brasil. Piracicaba: Equilíbrio Proteção Florestal, 1 ed., 72p

ANEXOS

ANEXO 1

Registos finais por ensaio

➤ Ensaio AE1

AC58 BC422 MB43 GM2-58					
ID	Tratamento	Nº rebentos	Raízes	Callus	Mortos
TP* ¹	IBA pó (estufa)	10 10 10 10	3 0 2 3	10 10 10 10	0 0 0 0
T0 / Controlo* ¹	IBA pó (lab)	4 8 8	4 0 4	1 8 3	0 1 1
T1	7h	4 4 4	0 0 0	4 0 3	0 3 1
T2	24h	4 4 4	0 - 0	4 - 2	0 4 2
T3	48h	4 4 4	0 0 0	4 1 2	0 3 2
T4* ²	96h	4 8 8	4 0 4	- 6 5	- 1 0
	AC58 c/ápice	8 AC58	0	7	1

*¹ T0 e TP mantidos no ensaio seguinte para despistar resposta tardia do BC422

*² T4 mantido no ensaio seguinte avaliar enraizamento das mini-estacas substituídas (sem corte do ápice).

➤ Ensaio AE1.2

AC58 BC422 MB43 GM2-58					
ID	Tratamento	Nº rebentos	Raízes	Callus	Mortos
T1.2	10 mg/L IBA (controlo)	4 8 8	2 1 2	0 4 1	0 0 0
T2.2	25 mg/L IBA	4 8 8	1 0 0	1 6 1	1 1 2
T3.2	50 mg/L IBA	4 8 8	1 0 1	1 4 2	2 2 3

➤ Ensaio AE2

AC58 BC422 MB43 CAM3					
ID	Tratamento	Nº rebentos	Raízes	Callus	Mortos
T0 / Controlo	BLS 96h	4 8 8	3 0 2	2 7 6	1 1 1
T1	Imersão total	4 8 8	0 0 1	3 8 8	1 0 0
T2	Foliar 1x	4 8 8	0 0 1	3 7 6	1 0 3
T3	Foliar 1x + BLS 96h	4 8 8	4 0 5	4 7 7	0 0 0
T4	Foliar 4x + BLS 96h	4 8 8	3 0 5	4 5 2	0 1 1
T5	Imersão + BLS 96h	4 8 8	2 0 3	3 6 6	1 1 1

➤ **Ensaio AE3**

AC58 BC422 MB43 CAM3					
ID	Tratamento	Nº rebentos	Raízes	Callus	Mortos
T0 / Controlo	Fol 1x 200 + BLS 10	10 10 10 10	0 0 2 7	5 9 3 8	5 1 6 2
T1	Fol 1x 200 + BLS 10 (asp cont)	4 8 8	4 5 3	3 8 6	0 0 1
T2	Fol 1x 1000 + BLS 10	4 8 8	0 0 0	3 8 5	1 0 3
T3	Fol 1x 1500 + BLS 10	4 8 8	0 1 0	0 0 2	4 1 5
T4	Imersão total 1000 + BLS 10	4 8 8	1 0 1	0 6 3	3 2 5
T5	IBC 10 + BLS 10	4 8 8	4 8 7	4 8 7	0 0 0
T6	BLS 100 72h	4 8 8	4 1 0	2 8 2	0 0 6

➤ **Ensaio AE4**

AC58 BC422 MB43 CAM3					
ID	Tratamento	Nº rebentos	Raízes	Callus	Mortos
T0 / Controlo	IBC + BLS	10 10 10 10	7 1 6 7	7 8 9 9	1 2 0 1
T1	IBC + BLS	4 8 8	4 3 1	4 6 6	0 2 0
T2	IBC + BLS	4 8 8	4 2 4	4 8 8	0 0 0
T3	IBC + BLS	4 8 8	4 3 2	4 8 6	0 0 0
T4	IBC + BLS	4 8 8	4 3 4	4 8 5	0 0 1
T5	IBC + BLS (estacas gotejadores)	4 8 8	2 0 1	4 8 8	0 0 0
T6	IBC	4 8 8	3 3 5	4 8 6	0 0 0