

Boletim

TÉCNICO SIF

Número 01 - Volume 04
Janeiro 2024

*Efeito do Paclobutrazol na indução de
florescimento precoce em enxertos de
espécies florestais nativas*

Thaline Martins Pimenta et al.

EFEITO DO PACLOBUTRAZOL NA INDUÇÃO DE FLORESCIMENTO PRECOCE EM ENXERTOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS

Thaline Martins Pimenta^{1*}, Nathália Silveira Ramos², Amanda Vazoler Foli², João Pedro Martins Lomeu², Guilherme Bravim Canal¹, Genaina Aparecida de Souza³, Gleison Augusto dos Santos⁴, Felipe Aguiar Peixoto⁵ and Raul Firmino dos Reis⁵

¹ Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <thaline.pimenta@ufv.br> and <guilherme.canal@ufv.br>.

² Universidade Federal de Viçosa, Graduando em Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <nathalia.s.ramos@ufv.br>, <amanda.foli@ufv.br> and <joao.lomeu@ufv.br>.

³ Universidade Federal de Viçosa, Doutora em Fisiologia Vegetal, Viçosa - MG, Brasil. E-mail: <genaina.souza@ufv.br>.

⁴ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, MG - Brasil. E-mail: <gleison@ufv.br>.

⁵ Vale S.A., Brumadinho, MG – Brasil. E-mail: <Felipe.Aguiar.Peixoto@vale.com> and <raul.reis@vale.com>.

RESUMO – A restauração florestal tem aumentado a busca por sementes de espécies florestais nativas, que apresentam alguns entraves para atender essa demanda, como o custo para coleta de sementes e o longo período para iniciar a fase reprodutiva. Além disso, há uma carência de técnicas que contribuam efetivamente para a conservação genética de espécies nativas. Assim, a utilização de enxertia combinada à aplicação do regulador de crescimento paclobutrazol (PAC) vem como uma alternativa para a propagação de genótipos de interesse além de acelerar o florescimento e produção de sementes de espécies nativas. Aqui analisamos a viabilidade do uso dessas técnicas para indução de florescimento precoce nas espécies *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos e *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. Os enxertos apresentaram porcentagem de sobrevivência em torno de 40%. Ipê-amarelo floresceu quatro meses após o tratamento com PAC e produziu sementes viáveis, mas não diferiu do controle. Jequitibá não floresceu no período avaliado, no entanto apresentou redução da área foliar, aumento na concentração de clorofila e nitrogênio após o tratamento com PAC. Assim, são necessários novos estudos para analisar o efeito das doses de PAC para indução de florescimento.

Palavras-Chave: Propagação; Conservação genética; Produção precoce; Inibidor de crescimento

1. INTRODUÇÃO

O reflorestamento é uma forma eficiente de reduzir a perda da biodiversidade, contribuir para a conservação da água e do solo, além de mitigar o aquecimento global pelo sequestro de carbono (Zanini et al., 2021). Diversas espécies dos biomas Mata Atlântica e Cerrado são historicamente ameaçadas pela exploração econômica, queimadas e desmatamento. Atualmente, a expansão de programas de reflorestamento, o cumprimento de passivos ambientais e o uso de espécies nativas para fins comerciais tem aumentado a busca por sementes (Pedrini et al., 2020).

Por outro lado, o tempo de florescimento e o custo para coleta de sementes de espécies florestais nativas se apresentam como entraves à oferta de sementes em quantidade e qualidade para suprir a demanda (Higa & Silva, 2006). Nesse sentido, a utilização de mudas produzidas por enxertia vem como uma alternativa para a propagação de materiais de interesse ou realizar o resgate de matrizes ameaçadas com o objetivo de antecipar a transição para a fase reprodutiva e facilitar a produção de sementes.

A propagação por enxertia é uma técnica milenar muito utilizada em espécies agrícolas. Para espécies florestais, a técnica é aplicada em programas de melhoramento genético de *Eucalyptus*, com o objetivo de formar pomares de polinização, acelerar a produção de sementes e facilitar o manejo (Castro et al., 2021). Assim o resgate por enxertia é uma forma interessante de se propagar e conservar genótipos. No entanto, em espécies nativas essa forma de propagação é ainda pouco explorada, apresentando eficácia para *Jacaranda mimosifolia*, *Schinus terebinthifolius* (Mendes et al. 2020), *Handroanthus* spp. (Simões et al. 2021) e *Araucaria angustifolia* (Wendling et al. 2016).

Além do uso de enxertia, a indução de florescimento precoce através da aplicação de reguladores de crescimento tem sido relatada para várias culturas, como manga (Oliveira et al. 2020), pera (Carra et al. 2023), caju (Mog et al. 2019), citrus (Martínez-Fuentes et al. 2013) e maçã (Zhang et al. 2016). O paclobutrazol é um regulador que possui ação na inibição do crescimento, provocando alterações morfológicas e bioquímicas, como redução

da altura, área foliar e comprimento de entrenós, menor transpiração e aumento na concentração de clorofila (Desta & Amare, 2021). No entanto, o conhecimento dos efeitos desse regulador em espécies florestais nativas ainda é incipiente.

A espécie *Handroanthus ochraceus* (Cham.), popularmente conhecida como ipê-amarelo, pertence à família Bignoniaceae. Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), essa espécie se destaca por suas flores amareladas, que atraem a atenção durante seu florescimento entre os meses de julho e setembro, podendo alcançar até 14 metros de altura e apresentar um tronco de até 50 cm de diâmetro. Devido à sua floração marcante e perfumada, o ipê-amarelo é amplamente empregado em paisagismos urbanos em todo território brasileiro, e também pode ser utilizado em programas de recuperação de áreas degradadas contribuindo com a biodiversidade (Mews et al. 2015).

Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze., comumente conhecido como Jequitibá-Branco, é uma espécie pertencente à família Lecythydaceae (Rêgo & Possamai, 2004). Suas principais características incluem altura que pode atingir até 50 metros e diâmetro de tronco de até 215 centímetros (Carvalho, 2003). Além disso, seus frutos têm a forma de urna e contêm entre 20 a 35 sementes aladas, suas flores são pequenas e de cor branco-creme. Seu habitat natural é a floresta clímax, sendo classificada como secundária tardia (Figliolia et al., 2000). As utilidades dessa espécie incluem artesanato feito a partir de seus frutos, interesse apícola, grande potencial medicinal, uso em paisagismo e recuperação de áreas degradadas (Carvalho, 2003).

O objetivo foi analisar a viabilidade da propagação por enxertia e o efeito da aplicação de paclobutrazol em aspectos morfológicos e na indução de florescimento precoce de mudas enxertadas das espécies florestais nativas *Handroanthus ochraceus* e *Cariniana estrellensis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

As matrizes das espécies selecionadas localizam-se na cidade de Brumadinho, Minas Gerais (20°07'06"S, 44°12'04"O). A região é caracterizada

por uma diversidade florestal, abrangendo os biomas Cerrado e Mata Atlântica (EMBRAPA), ambos desempenhando papéis fundamentais na composição florística local. O local possui um clima quente e temperado, pluviosidade de 1267 mm ao ano e com temperatura média 20.8°C.

2.2. Coleta do material vegetal, enxertias e análises de crescimento

A escolha das espécies foi fundamentada em características ecológicas, considerando fatores como o tamanho populacional e o interesse para o processo de restauração florestal na região de coleta. A seleção das matrizes levou em consideração já estarem em fase reprodutiva, boas condições fitossanitárias, além de garantir uma distância mínima de 500 metros entre elas, assegurando que não houvesse parentesco direto. A coleta e armazenamento dos propágulos foi realizada como descrito por Mendes et al. (2021), sendo coletadas cinco matrizes de cada espécie. O método de enxertia utilizado foi a garfagem de topo em fenda cheia, que consiste em inserir o propágulo em formato de cunha em uma fenda no centro do porta-enxerto. Após a realização das enxertias o material foi mantido em pomar indoor. Após 90 dias da realização das enxertias foram analisadas a % de sobrevivência dos enxertos, o comprimento, diâmetro e número de brotações.

2.3. Aplicação de paclobutrazol e monitoramento do florescimento

A aplicação do Paclobutrazol (PAC) ocorreu

quatro meses após a enxertia. As plantas foram separadas em dois grupos: controle (água) e PAC. A preparação do PAC consistiu na diluição de 2 ml do produto comercial CULTAR 250 SC (25% ingrediente ativo) diluído em 250 ml de água, aplicado diretamente na superfície do solo dos sacos plásticos. Posteriormente, as mudas foram transferidas para vasos de 5L de capacidade. O surgimento de botões florais foi monitorado a cada 15 dias.

2.4 Análise de nitrogênio, pigmentos e área folia

Os teores de clorofila, flavonoides e nitrogênio foram estimados utilizando o aparelho portátil Dualex (Paulino et al. 2014). Para análise de crescimento foliar, foram amostradas 5 folhas completamente expandidas do terço médio da planta. Para determinação da área foliar unitária, as folhas foram medidas utilizando um digitalizador de mesa e a área foliar unitária medida com o software Image ProPlus. Posteriormente as folhas foram secas em estufa à 70°C até atingir massa constante. A área foliar específica foi calculada como $AFE = \text{área foliar}/\text{massa seca}$ (em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$).

3.RESULTADOS

A sobrevivência (%) dos enxertos aos 90 dias após a enxertia (DAE) foi de 42% em *H. ochraceus* e 39% em *C. estrellensis*. Observamos que as duas espécies apresentaram um número de brotações próximo a 2,45, enquanto o comprimento das brotações foi superior em *C. estrellensis*. Já o diâmetro das brotações das duas espécies analisadas foi em torno de 0,55 cm (Tabela 1).

Espécie	Nº de brotações	Comprimento das brotações (cm)	Diâmetro das brotações (cm)
<i>H. ochraceus</i>	2.39 ± 0.29	10.16 ± 1.16	0.51 ± 0.02
<i>C. estrellensis</i>	2.50 ± 0.24	30.07 ± 3.09	0.60 ± 0.05

Tabela 1. Crescimento de enxertos de *H. ochraceus* e *C. estrellensis* aos 90 dias após a enxertia. Dados representam a média ± erro padrão de 10 repetições.

A aplicação de PAC, aos 120 DAE, possibilitou alterações no crescimento de enxertos de *C. estrellensis* e *H. ochraceus*. Comparado ao controle, observamos que plantas de *C. estrellensis* com PAC apresentaram redução do crescimento em altura, entrenós mais curtos e de menor diâmetro, com folhas apresentando

um enrolamento das bordas devido a redução da expansão foliar (Fig. 1C, D). Por outro lado, não observamos efeitos nítidos no crescimento em *H. ochraceus* sob a dose de PAC utilizada, sendo que as plantas com PAC apresentaram altura semelhante às plantas do controle (Fig. 1 A, B). A aplicação de PAC

causou efeito significativo na área foliar e massa seca foliar das duas espécies, com redução de mais de 50% em área foliar unitária em enxertos de *C. estrellensis*

e de 35% em *H. ochraceus* (Fig. 2A, B). Por outro lado, não observamos diferença significativa em AFE em ambas espécies (Fig. 2C).

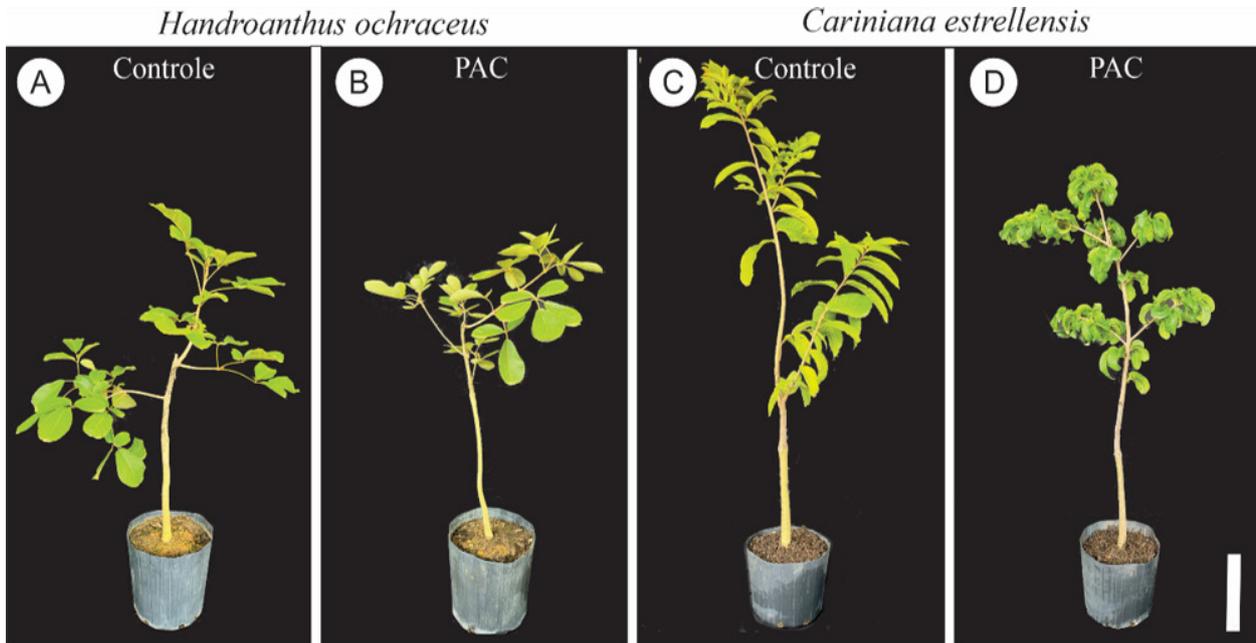


Figura 1. Efeito da aplicação de paclobutrazol em enxertos de *H. ochraceus* e *C. estrellensis* após 9 meses de aplicação. Barra equivale a 30 cm.

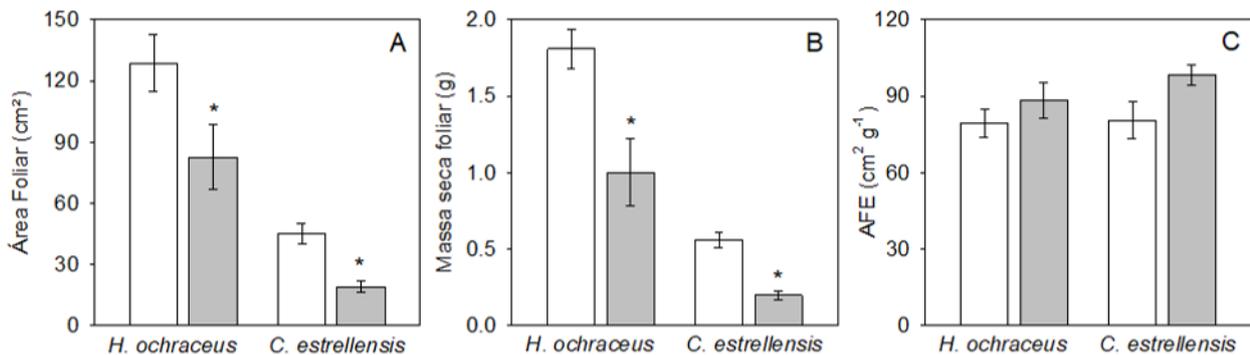


Figura 2. Efeito do paclobutrazol no crescimento de folhas de enxertos de *H. ochraceus* e *C. estrellensis* após 9 meses de aplicação. Área foliar unitária (A). Massa seca foliar (B). Área foliar específica (C). As barras representam a média \pm erro padrão de 10 repetições. As médias com asterisco apresentam diferença significativa entre controle e PAC dentro de cada espécie pelo teste F a 5% de probabilidade.

Além de alterações em crescimento, observamos que a aplicação de PAC em *C. estrellensis* aumentou o teor de nitrogênio e clorofila nas folhas, enquanto reduziu a concentração de flavonoides (Fig. 3), resultado que está de acordo

com a coloração verde escura observada nas folhas (Fig. 1D), em relação ao controle. No entanto, *H. ochraceus* não apresentou alterações no teor de nitrogênio, clorofila e flavonoides, sendo semelhante ao controle (Fig. 3).

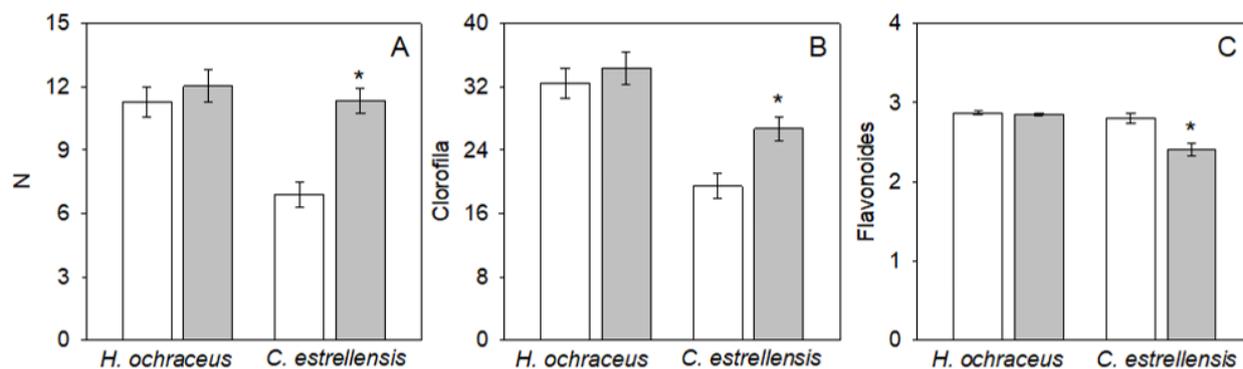


Figura 3. Teor de nitrogênio, clorofila e flavonoides em mudas enxertadas de *Handroanthus ochraceus* e *Cariniana estrellensis* tratadas com paclobutrazol. Nitrogênio (A). Clorofila (B). Flavonoides (C). As barras representam a média \pm erro padrão de 6 repetições. As médias com asterisco apresentam diferença significativa entre controle e PAC dentro de cada espécie pelo teste F a 5% de probabilidade.

Aos 120 dias após aplicação de PAC aproximadamente, observamos o início do florescimento das plantas de *H. ochraceus* (Fig. 4A). Plantas controle levaram em média 119 dias para iniciar o florescimento, enquanto plantas tratadas com PAC floresceram aos 107 dias. Além disso, observamos que nos dois grupos (controle e PAC) houve uma mesma proporção de plantas que floresceram no período de avaliação, sendo 67% do total. Por outro

lado, não observamos o florescimento em plantas enxertadas de *C. estrellensis* no período avaliado, em plantas controle ou sob aplicação de PAC. Além disso, foi possível observar a produção de vagens em *H. ochraceus* (Fig. 4B). As sementes colhidas foram semeadas em areia e produziram plântulas normais, mostrando que a técnica se mostrou eficiente para induzir o florescimento precoce e a produção de sementes viáveis em *H. ochraceus* (Fig. 4C, D).

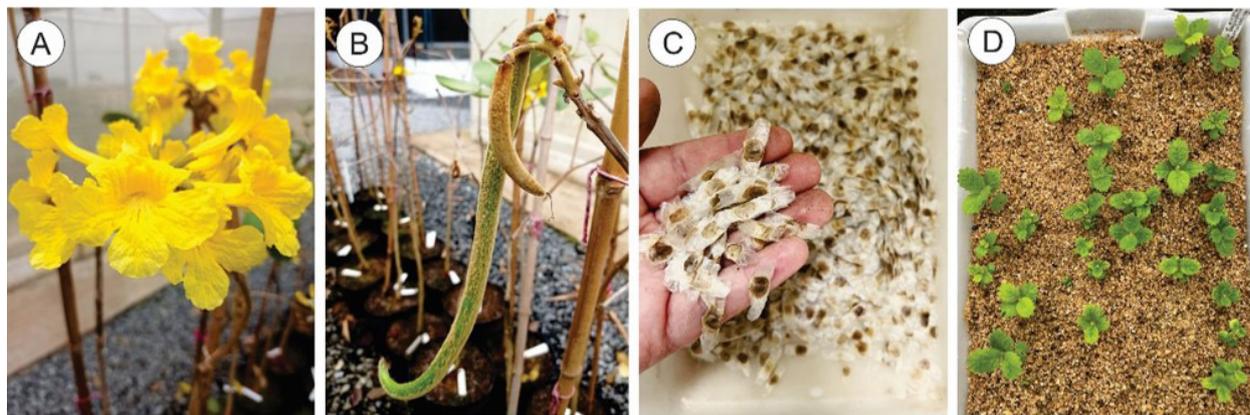


Figura 4. Florescimento e frutificação em mudas enxertadas de *H. ochraceus*. As sementes produzidas por mudas enxertadas se apresentaram viáveis, produzindo plântulas normais.

4.DISCUSSÃO

A propagação por enxertia e os reguladores de crescimento são amplamente usados em diversas culturas agrícolas e florestais. Dentre os reguladores, o paclobutrazol é aplicado com a finalidade de retardar o crescimento e induzir o florescimento precoce. No entanto, em espécies arbóreas nativas, os

efeitos da técnica de enxertia associado a utilização desse regulador ainda não são bem conhecidos. Aqui analisamos o crescimento e florescimento de enxertos com uso de PAC em duas espécies nativas de elevada importância ambiental e econômica, o ipê-amarelo e jequitibá, e encontramos respostas contrastantes entre elas.

A técnica de enxertia se mostrou eficiente para

resgatar matrizes de interesse das duas espécies, no entanto, a taxa de sobrevivência dos enxertos ainda foi baixa (<50%). Isso pode ser devido à época de enxertia, incompatibilidade entre materiais genéticos do enxerto e porta-enxerto, além das condições de umidade e temperatura no pomar indoor. Assim, outros estudos são necessários para entender as respostas em sobrevivência dos enxertos dessas espécies.

De forma geral, plantas com aplicação de PAC apresentam redução do crescimento de parte aérea e raiz, observado pela menor altura da planta, área foliar e entrenós, a depender da dose e forma de aplicação (Ajmi et al. 2020, Carra et al. 2023, Desta & Amare 2021). Os enxertos de ipê apresentaram alterações menos visíveis no crescimento com a aplicação de PAC, comparado ao jequitibá. Provavelmente, a dose utilizada foi baixa para essa espécie, já que a resposta pode variar entre e dentro de uma mesma espécie.

Por outro lado, em jequitibá observamos respostas nítidas no desenvolvimento das plantas, com redução da área foliar e aumento da concentração de nitrogênio e clorofila. O PAC atua inibindo a biossíntese de giberelina, um hormônio vegetal responsável por diversas funções essenciais para a vida da planta, como alongamento do caule, germinação de sementes, transição para o florescimento, desenvolvimento de frutos, entre outras (Castro-Camba et al. 2022). Além disso, o PAC altera o balanço dos hormônios ácido abscísico (ABA) e citocinina, que regulam principalmente abertura estomática e divisão celular, respectivamente (Desta & Amare, 2021).

Dessa forma, observamos o efeito de redução da área foliar em *C. estrellensis*, assim como a maior síntese de clorofila. As clorofilas são pigmentos de captação de luz, logo a maior quantidade de clorofila foliar pode contribuir para maiores taxas fotossintéticas. Em *Anacardium occidentale* a aplicação de PAC aumentou a fotossíntese foliar, o que foi relacionado à maior concentração de clorofila foliar (Mog et al. 2019).

O florescimento é controlado por fatores endógenos e ambientais. Espécies arbóreas em geral requerem maior tempo para a transição para a fase reprodutiva. Observamos o florescimento de enxertos de *H. ochraceus* no período avaliado, sem diferença com ou sem a aplicação de PAC. O que mostra que a utilização de enxertia para essa espécie

já é eficiente para promover o florescimento das plantas. O florescimento em um período inferior a um ano após a realização das enxertias ressalta que a técnica pode ser interessante para a formação de pomares para produção precoce de sementes, além do uso paisagístico, visto que plantas com menos de 1 metro de altura estão aptas a florescer. Contudo, são necessários novos estudos para analisar se outras doses de PAC podem ser efetivas em aumentar o florescimento e a produção de sementes.

5. CONCLUSÃO

A técnica de enxertia e aplicação de paclobutrazol são viáveis para fins de produção precoce de sementes em espécies florestais nativas, sendo necessários novos estudos para analisar as melhores doses do regulador e os efeitos nas diversas espécies.

6. REFERÊNCIAS

- Ajmi, A., Larbi, A., Morales, M., Fenollosa, E., Chaari, A., & Munné-Bosch, S. (2020). Foliar paclobutrazol application suppresses olive tree growth while promoting fruit set. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 1638-1646.
- Carra, B., Herter, F. G., Moretti Ferreira Pinto, F. A., Fontanella Brighenti, A., Pereira Pasa, C., Mello-Farias, P. C., ... & da Silveira Pasa, M. (2023). Return Bloom and Yield of 'Rocha' Pear Trees are Improved by Ethephon and Paclobutrazol. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(6), 3650-3661.
- Carvalho, P. E. R. (2003). Jequitibá-branco. Castro-Camba, R., Sánchez, C., Vidal, N., & Vielba, J. M. (2022). Plant development and crop yield: The role of gibberellins. *Plants*, 11(19), 2650.
- De Oliveira Castro, C. A., dos Santos, G. A., Takahashi, E. K., Nunes, A. C. P., Souza, G. A., & de Resende, M. D. V. (2021). Accelerating Eucalyptus breeding strategies through top grafting applied to young seedlings. *Industrial Crops and Products*, 171, 113906
- Desta, B., & Amare, G. (2021). Paclobutrazol as

a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-15.

Figliolia, M. B., Silva, A. D., Aguiar, I. D., & Perecin, D. (2000). Conservação de sementes de *Cariniana estrellensis* Kuntze em diferentes condições de acondicionamento e armazenamento. *Revista Árvore*, 24(4), 121-134.

Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Muñoz-Fambuena, N., Reig, C., González-Mas, M. C., Iglesias, D. J., ... & Agustí, M. (2013). Fruit load restricts the flowering promotion effect of paclobutrazol in alternate bearing *Citrus* spp. *Scientia Horticulturae*, 151, 122-127.

Mendes G, Santos G, Resende M, Martins S, Souza G, Nunes A, Martins T. Flowering acceleration in native Brazilian tree species for genetic conservation and breeding. *Annals of Forest Research*. 2020;63(1):39-52. doi: 10.15287/afr.2019.1751.

Mews, C. L., Luduvico de Sousa, J. R., Azevedo, G. T. D. O. S., & Souza, A. M. (2015). Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. *Floresta e Ambiente*, 22, 107-116.

Mog, B., Janani, P., Nayak, M. G., Adiga, J. D., & Meena, R. (2019). Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by Paclobutrazol. *Scientia Horticulturae*, 257, 108748.

Oliveira, M. B., Figueiredo, M. G. F., Pereira, M. C. T., Mouco, M. A. do C., Ribeiro, L. M., & Mercadante-Simões, M. O. (2020). Structural and cytological aspects of mango floral induction using paclobutrazol. *Scientia Horticulturae*, 262, 109057.

Paulino, V. T., de Abreu Júnior, C. H., Pasqualini, A. A., Duarte, K. M. R., & de Lucena, M. A. C. A. *Zootecnia Fazendo o Brasil Crescer*.

Pedrini, S., Gibson-Roy, P., Trivedi, C., Gálvez-Ramírez, C., Hardwick, K., Shaw, N., ... & Dixon, K. (2020). Collection and production of native seeds

for ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28, S228-S238.

Rêgo, G. M., & Possamai, E. (2004). Avaliação de teores de clorofila no crescimento de mudas do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*).

Silva, L. D., & Higa, A. R. (2006). Planejamento e implantação de pomares de sementes de espécies florestais nativas. *Pomar de sementes de espécies florestais nativas*. Curitiba: FUFPEF, 13-39.

Simões, I. M., Lopes, J. C., Schimdt, E. R., Ferreira, A., Baptista, J. O., de Araujo, C. P., ... & Alexandre, R. S. (2021). Grafting between species of the genus *Handroanthus* for the production of multi-colored flower canopies. *SCIENTIA FORESTALIS*, 49(132).

Wendling, I., Stuepp, C.A., Zuffellato-Ribas, K.C. *Araucaria angustifolia* grafting: techniques, environments and origin of propagation material. *Bosque*. 2016; 37(2): 285-293. doi: 10.4067/S0717-92002016000200007

Zanini, A. M., Mayrinck, R. C., Vieira, S. A., de Camargo, P. B., & Rodrigues, R. R. (2021). The effect of ecological restoration methods on carbon stocks in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 481, 118734.

Zhang, S., et al. (2016). Effect of exogenous GA3 and its inhibitor paclobutrazol on floral formation, endogenous hormones, and flowering-associated genes in 'Fuji' apple (*Malus domestica* Borkh.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 107: 178-186. doi: 0.1016/j.plaphy.2016.06.005.