

Boletim

TÉCNICO SIF

Número 04 - Volume 03
Abril 2023

INDUÇÃO DO FLORESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS POR MEIO DA ENXERTIA E APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL

Karine Fernandes Caiafa et. al.

INDUÇÃO DO FLORESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS POR MEIO DA ENXERTIA E APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL

Karine Fernandes Caiafa^{2*}, Genáina Aparecida de Souza², Thaline Martins Pimenta² e Gleison Augusto dos Santos³

² Universidade Federal de Viçosa, Doutora em Ciência Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <karine.caiafa@ufv.br> , <genainasouza25@gmail.com> e <thaline.pimenta@gmail.com>.

³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <gleison@ufv.br>.

*Corresponding author.

RESUMO – A promoção do florescimento em espécies arbóreas oferece várias vantagens. A técnica principal envolvida nesse processo é a enxertia, podendo ser combinada ou não com o uso do paclobutrazol. Este artigo revisa os aspectos cruciais relacionados à aplicação dessas técnicas. Diversos estímulos desempenham um papel na transição das plantas da fase vegetativa para a fase reprodutiva. A maturidade das gemas permanece relativamente constante durante o processo de enxertia. Isso significa que um segmento caulinar retirado de uma árvore madura florescerá mesmo quando enxertado em mudas jovens. Por outro lado, o paclobutrazol promove o florescimento ao inibir a produção de giberelinas, provocando mudanças na estrutura e no funcionamento da planta, levando à alteração de fase. Essas técnicas têm sido bem-sucedidas em várias espécies vegetais, com diversas finalidades. Este artigo revisa os aspectos cruciais relacionados à aplicação dessas técnicas trazendo novidades relacionadas à indução de florescimento tanto para espécies de importância econômica quanto para fins de restauração florestal.

Palavras-Chave: Antecipação da fase reprodutiva; Propagação vegetativa; Reguladores de crescimento.



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos vegetais pode ser dividido em fase juvenil, adulta vegetativa e adulta reprodutiva (Taiz e Zeiger, 2017). A transição da fase adulta vegetativa para a reprodutiva pode ser influenciada por diversos fatores que agem de forma isolada ou conjunta (Silva et al., 2021). A depender da espécie, alguns fatores ambientais como fotoperíodo, temperatura e vernalização são importantes para que o florescimento ocorra (Souza e Funch 2017). No entanto, também existem aqueles intrínsecos à planta como a nutrição, fitohormônios, genética e idade (Menezes 1994).

A antecipação do florescimento de espécies arbóreas tem sido muito utilizada em programas de melhoramento genético, pois reduz consideravelmente o tempo de recombinação entre indivíduos selecionados (Castro et al., 2021). Do ponto de vista ambiental, diminui o risco de morte da planta antes da sua reprodução, além de permitir a propagação de algumas espécies com dificuldades para florescer (Taiz e Zeiger, 2017).

A enxertia e a aplicação de reguladores de crescimento vegetal são estratégias utilizadas para induzir o florescimento em espécies florestais (Castro et al., 2021). A primeira se baseia na união de diferentes partes da planta, de modo que uma sirva de suporte e de comunicação com o sistema radicular para a outra (Xavier, 2013). Embora as duas partes formem uma planta única, cada uma mantém sua individualidade genotípica (Hartmann e Kester, 2011; Xavier, 2013).

Reguladores vegetais são utilizados com muito sucesso em diversas culturas no Brasil, desempenhando um papel importante na indução do florescimento (Soumya et al., 2017; Oliveira, 2020; Desta e Amare 2021). O paclobutrazol (PBZ) é um regulador de crescimento vegetal que age inibindo a biossíntese de giberelinas e aumentando proporcionalmente a concentração de ácido abscísico (ABA) (D'Arêde et al., 2017; Taiz e Zeiger, 2017). Tudo isso promove alterações morfológicas e fisiológicas na planta que culminam com mudança da fase vegetativa para a reprodutiva (Desta e Amare 2021).

Técnicas de indução de florescimento são usadas em espécies florestais principalmente em

pomares de sementes, visando a produção de sementes melhoradas (Mendes et al., 2020). A maioria dos estudos são concentrados em espécies produtoras de madeira, como *Eucalyptus* spp. (Hasan e Reid, 1995). Em espécies de eucalipto o uso das técnicas de enxertia juntamente com a aplicação de paclobutrazol já é bastante consolidado. Este regulador de crescimento foi aplicado em mudas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) demonstrando sua eficácia na indução da floração desta espécie (Hasan e Reid, 1995). Enxertos de *Eucalyptus nitens* (Dean & Maiden) tratados com paclobutrazol aumentaram significativamente sua capacidade reprodutiva (Moncur et al., 1994; Castro et al., 2021).

Trabalhos visando a antecipação do florescimento em espécies não madeireiras vem ganhando mais destaque nos últimos anos (Mendes et al., 2020; Simões et al., 2021). Mudas de *Jacaranda mimosifolia*, *Handroanthus heptaphyllus* e *Schinus terebinthifolius* foram induzidas ao florescimento precoce com a aplicação conjunta destas duas técnicas (Mendes et al., 2020). A enxertia como indutor de florescimento também foi utilizada para produzir árvores do gênero *Handroanthus* com copas multicoloridas por meio de enxertos de diferentes espécies na mesma planta (Simões et al., 2021).

A produção da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) normalmente é feita por meio do extrativismo, porém é crescente o número de produtores que cultivam esta planta, principalmente na região Norte do Brasil (Almeida et al., 2020). Esta espécie pode ser propagada por enxertia a fim de antecipar a produção de frutos e também de reduzir o tamanho da árvore facilitando a colheita (Baldoni, 2018; Almeida et al., 2020). A enxertia em *Araucaria angustifolia* promoveu a produção precoce de flores, reduzindo o tempo para realização de novos cruzamentos e permitindo a frutificação mais rápida, contribuindo para o uso sustentável desta espécie (Wendling et al., 2016).

O uso da enxertia e da aplicação do paclobutrazol na indução do florescimento em espécies florestais, normalmente alcança bons resultados. Contudo, algumas plantas não respondem a estes tratamentos. O uso combinado destes dois processos em plantas de *Swietenia macrophylla*, *Cariniana legalis*, e *Hymenaea courbaril* não produziram flores em um período de dois anos (Mendes et al., 2020). Em *Pinus*

spp, normalmente utiliza-se a giberelina e não o paclobutrazol para indução de florescimento precoce (Guo et al., 2021).

2. ENXERTIA

A enxertia possibilitou muitas conquistas dentro dos programas de melhoramento genético florestal (Hartmann e Kester, 2011). A partir desta técnica é possível resgatar as matrizes selecionadas reduzindo consideravelmente o tempo para realização de cruzamentos controlados (Mendes et al., 2020). Plantas enxertadas apresentam porte reduzido, o que facilita muito o trabalho do melhorista, que alcança mais facilmente os órgãos reprodutivos das árvores (Hartmann e Kester, 2011). Além dos benefícios já mencionados, a enxertia viabiliza o resgate de genótipos importantes; combina genótipos com propósitos distintos e faz com que as plantas se tornem mais produtivas (Ribeiro et al., 2005; Hartmann e Kester, 2011; Xavier, 2013).

A enxertia é composta pelo porta-enxerto e pelo enxerto (Rocha et al., 2018; Baron et al., 2019). O porta-enxerto compõe a parte inferior da planta, cuja função é absorver água e nutrientes e fixar a planta ao solo (Baron et al., 2019). O enxerto compõe a parte superior e produtiva da planta que se quer multiplicar (planta selecionada), desempenhando funções de condução de seiva, fotossíntese, florescimento, frutificação, etc (Xavier, 2013).

A fase reprodutiva de uma planta é relativamente estável e se mantém durante a propagação vegetativa por enxertia (Simões et al., 2021). O enxerto de um segmento caulinar retirado da copa de uma árvore madura, poderá florescer mesmo quando enxertado em mudas jovens (Mendes et al., 2020). No entanto, cabe destacar que a juvenilidade do porta-enxerto, principalmente daqueles produzidos a partir de sementes, pode ser transmitida para o enxerto, que terá sua maturidade revertida (Andrade, 2010). Durante este processo, há transmissão de sinais entre as células do porta-enxerto para o enxerto, como fitormônios, por exemplo, que desencadeiam o processo de rejuvenescimento (Andrade, 2010). A enxertia seriada é considerada, inclusive, um método eficaz e amplamente utilizado para o rejuvenescimento de algumas plantas (Santin et al., 2015). A copa de uma árvore é composta por ramos com expressões de

maturidade diferenciadas que variam, principalmente, em função da idade e da espécie. Desse modo, quando o objetivo é obter mudas com florescimento precoce, a escolha dos propágulos é fundamental (Evstigneev e Korotkov, 2016).

Na literatura são encontradas diversas técnicas de enxertia que podem ser organizadas em três categorias: borbulhia, encostia e garfagem (Xavier, 2013). Na borbulhia uma gema é destacada da árvore matriz e introduzida no porta-enxerto (Prabpree et al., 2018; Sudsiri et al., 2022). Esta técnica é muito simples e de fácil execução, e a gema utilizada pode ser ativa ou dormente (Xavier, 2013). A encostia é pouco utilizada por ser uma técnica complexa e mais demorada que as demais (Ribeiro et al., 2005). Ela consiste na união do enxerto ao porta-enxerto antes da separação da planta de origem. Esta técnica pode ser uma alternativa para o resgate de árvores adultas que não podem ser propagadas por outros métodos de enxertia (Xavier, 2013).

A enxertia por garfagem é caracterizada pela união de um segmento caulinar da planta que se deseja multiplicar, em um porta-enxerto previamente decapitado. A garfagem em fenda é uma das técnicas mais utilizadas em função da sua alta praticidade (Ribeiro et al., 2005). Para garantir o sucesso desta técnica, recomenda-se o recobrimento do enxerto com um plástico (parafilm) a fim de minimizar a perda de água e manter a sua turgidez. Além disso, é interessante envolver o local da união com um fitilho, que dará mais firmeza à esta conexão (Xavier, 2013; Mendes et al., 2020). A união entre o enxerto e o porta-enxerto inicia-se por intensa divisão celular e formação de um tecido cicatricial, que posteriormente se diferencia em tecido vascular. Para o sucesso da enxertia, é fundamental que os câmbios das diferentes partes que a compõe estejam em contato direto, permitindo a comunicação entre elas (Xavier et al., 2013).

Na silvicultura, a enxertia é uma técnica muito empregada na formação de pomares clonais para produção de sementes melhoradas de *Pinus* e *Eucalyptus* (Rocha et al., 2002). No entanto, os estudos relacionados a espécies nativas ainda são incipientes e a maioria não vai além das etapas experimentais (Stuepp, et al., 2018). Em *Hevea brasiliensis* a enxertia tem sido utilizada com o objetivo de intensificar a produtividade de látex, resistência a doenças, entre outras características (Xavier, 2013; Martins et al.,

2020). O sucesso da aplicação desta técnica em plantios clonais desta espécie já foi relatado por Pinheiro et al., (1989); Cardinal et al. (2007); Pereira et al. (2019) entre outros.

Algumas árvores nativas têm sido propagadas por enxertia com a finalidade de reduzir a altura da copa e produzir frutos em menor tempo, como por exemplo em *Theobroma cacao* L. (Almeida et al., 2009), *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) (Souza et al., 2002), *Araucaria angustifolia* (Bertol.) (Wendling et al., 2017; Gaspar et al. 2017) e *Bertholletia excelsa* Humn. & Bonpl. (Carvalho e Nascimento, 2016). A enxertia também tem sido aplicada em *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. (Domingos e Wendling, 2006); árvore importante, principalmente para a região sul do Brasil, cuja produção via sementes tem apresentado uma série de limitações.

A técnica de enxertia aplicada às espécies florestais nativas deve contribuir para futuros programas de conservação e melhoramento genético, permitindo a melhor conservação de alelos, com diversidade genética adequada e a custos compatíveis (Mendes et al., 2020). O florescimento e frutificação precoces permitem que espécies vulneráveis sejam plantadas em seus locais de ocorrência natural já na fase reprodutiva, atraindo dispersores e polinizadores e, conseqüentemente, acelerando a recuperação destas áreas.

3. ATUAÇÃO DO PACLOBUTRAZOL

Os reguladores de crescimento têm sido amplamente utilizados na agricultura e em culturas florestais, e seus benefícios foram relatados em diversas pesquisas (Mendes et al., 2020; Oliveira, 2020; Desta e Amare 2021; Singhal et al., 2021). Dentre estes reguladores, o paclobutrazol (PBZ) é um dos mais utilizados para reduzir o tempo entre a fase juvenil e reprodutiva (Taiz e Zeiger, 2017). O PBZ é transportado acroptamente via xilema, embora já tenha sido observado no floema (Kishore et al., 2015) e tem sido utilizado com sucesso para regulação do florescimento em plantas perenes (Nartvaranant et al., 2000). O PBZ é um membro do grupo dos reguladores de crescimento triazóis, que inibe a biossíntese de giberelinas (Desta e Amare, 2021). Isto ocorre porque ele reduz a atividade de enzimas, presentes no retículo endoplasmático, responsáveis pela oxidação de ent-caureno, que é um precursor

da GA₁₂, a primeira giberelina formada em todas as plantas (Taiz e Zeiger, 2017; Tesfahun e Yildiz, 2018). Além de afetar negativamente a síntese de GAs, o PBZ também é conhecido por afetar a síntese do hormônio ácido abscísico (ABA). O ABA também é sintetizado na via dos terpenóides (Desta e Amare, 2021). Desta forma, quando a síntese de GAs é bloqueada, mais precursores na via dos terpenóides são acumulados e desviados para promover a síntese de ABA (Yan et al., 2011).

As giberelinas regulam positivamente o promotor vegetativo (VP) e negativamente o promotor florígeno (FL) (Nartvaranant et al., 2000). A produção de gemas vegetativas no lugar de reprodutivas é devido ao elevado nível de giberelina. O PBZ, como um inibidor de giberelina, reduz o nível de PV e aumenta a relação FL/VP, estimulando gemas reprodutivas (florescimento), e enfraquecendo gemas vegetativas (Adil et al., 2011).

Este composto pode afetar o crescimento e o desenvolvimento da planta, pois altera a duração da fase juvenil, atingindo a fase reprodutiva mais rapidamente. Essa alteração ocorre pela sua ação em diversas atividades do metabolismo vegetal, como a alteração da taxa fotossintética, a relação fonte-dreno e modificando os níveis de outros fitohormônios (Tefahun e Yildiz, 2018). As principais alterações morfológicas provocadas pela aplicação do paclobutrazol é a redução da área foliar e taxa de crescimento em função da redução do comprimento dos entrenós, justamente por ser um antagonista da ação das giberelinas (Ribeiro et al., 2017; Desta e Amare 2021).

Plantas tratadas com PBZ também proporcionam uma maior concentração relativa de citocininas, que por sua vez, previnem a degradação de cloroplastos e clorofilas (Yooyongwech et al., 2017; Fan et al., 2020). Ou seja, as clorofilas ficam em atividade por mais tempo, sem precisarem ser repostas, de forma que, tanto pode haver uma maior taxa fotossintética pela sua conservação, como pela sua concentração por área (Taiz e Zeiger, 2017).

Este regulador de crescimento também contribui para um melhor controle da abertura e fechamento estomático da planta tornando-a mais eficiente na absorção de CO₂ e reduzindo as perdas de H₂O (Souza et al., 2016). Desta forma, ela pode apresentar maior

eficiência do uso da água (Damour et al., 2010). O maior controle na captura de CO₂/perda de H₂O, se dá pela contribuição do PBZ na redução do catabolismo normal do ABA. Seu efeito leva ao aumento da concentração de ABA nas folhas, regulando mais eficientemente o fechamento da abertura estomática e reduzindo a perda de água das folhas através da transpiração. O maior conteúdo de ABA reduz o crescimento da parte aérea diminuindo a área foliar para transpiração, gerando mais raízes para absorção de água e provoca alterações nas folhas, o que confere barreiras à perda de água (Damour et al., 2010; Desta and Amare, 2021).

Além disso, a maior concentração de clorofila, associada a um maior controle da abertura e fechamento estomático, aumenta a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados (Taiz e Zeiger, 2017), sinalizando para a planta que ela pode passar da fase vegetativa para a reprodutiva (Upreti et al., 2014; Muengkaew e Chairasart, 2016). A planta então floresce e frutifica mais cedo, garantindo a sobrevivência da espécie (Mog et al., 2019).

Muitas espécies florestais apresentam ciclo reprodutivo muito longo, o que pode ser um risco para a sobrevivência destas plantas. Considerando que as áreas de vegetação nativa vêm sofrendo um grande impacto pela ação humana, árvores que apresentam ciclo reprodutivo curto tem maiores chances de deixar descendentes. A aplicação de paclobutrazol em espécies florestais vulneráveis pode ser uma alternativa viável para evitar a erosão genética, ajudando a reestabelecer a planta já na fase reprodutiva, ou seja, pode reduzir o risco, inclusive, de predação antes que a planta possa produzir sementes, repovoando o local (Mendes et al., 2021).

4. CONCLUSÃO

A propagação via enxertia e a aplicação de paclobutrazol são técnicas muito eficientes para induzir o florescimento de espécies florestais e têm sido aplicadas em diversas espécies com diferentes finalidades.

5. REFERÊNCIAS

Almeida CMVC, Dias LAS, Silva AP. Agronomical characterization of cacao accessions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2009; 44(4): 368-373. doi: 10.1590/S0100-204X2009000400006.

Almeida II, Santos RF, Mayer MM, Silva JZ. Rootstocks and grafting of Brazil nuts by the patch budding. *Revista de ciências agrárias*. 2020;63(1):1-9.

Baldoni AB. Como fazer enxertia por borbulhia em castanheirado-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2018.

Baron D, Amaro ACE, Pina A, Ferreira G. An overview of grafting re-establishment in woody fruit species. *Scientia Horticulturae*. 2019; 243(1): 84-91. doi: 10.1016/j.scienta.2018.08.012.

Cardinal ABB, Gonçalves OS, Martins ALM. Influence of six rootstocks on yield of superior rubber tree clones. *Bragantia*. 2007;66(2):277-284. doi: 10.1590/S0006-87052007000200011.

Carvalho JEU, Nascimento WMO. Enxertia da castanheira-do brasil pelo método de garfagem no topo em fenda cheia. Comunicado Técnico 283. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

Castro CAO, Santos GA, Takahashi EK, Nunes ACP, Souza GA, Resende MDV. Accelerating Eucalyptus breeding strategies through top grafting applied to young seedlings. *Industrial Crops and Products*. 2021; 171(1): 113906. doi: 10.1016/j.indcrop.2021.113906

D'Arêde LO, Viana AESV. Paclobutrazol and water restriction on the growth and development of coffee plants. *Coffee Science*. 2017;12(4):534 – 543.

Desta B, Amare G. Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2021; 8(1):1-15. doi:/10.1186/s40538-020-00199-z

Evstigneev OI, Korotkov VN. Ontogenetic stages of trees: an overview. *Russian Journal of ecosystems ecology*. 2016; 2(2): 1-31. doi: 10.21685/2500-0578-2016-2-1

Fan ZX, Li SC, Sun, HL. Paclobutrazol Modulates Physiological and Hormonal Changes in *Amorpha fruticosa* under Drought Stress. *Russ J Plant Physiol*. 2020;67(1):122-130. doi:10.1134/S1021443720010069

Guo Y, Niu S, El-Kassaby YA, Li W. Transcriptome-wide isolation and expression of NF-Y gene family in male cone development and hormonal treatment

- of *Pinus tabuliformis*. *Physiologia Plantarum*. 2021; 171: 34-47. doi: 10.1111/ppl.13183
- Hartmann HT, Kester DE, Davies Junior FT, Geneve RL. *Plant propagation: principles and practices*. 8. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011.
- Hasan O, Reid JB. Reduction of generation time in *Eucalyptus globulus*. *Plant Growth Regulation*. 1995;17(1):53–60 (1995). <https://doi.org/10.1007/BF00024495>
- Gaspar RGB, Wendling I, Stuepp CA, Angelo AC. Rootstock age and growth habit influence top grafting in *Araucaria angustifolia*. *Cerne*. 2017;23(4):465-471. doi:10.1590/01047760201723042447
- Kishore K, Singh HS, Kurian RM. Paclobutrazol use in perennial fruit crops and its residual effects: A review. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2015; 85(7): 863-72.
- Martins AN, Suguino E, Gazola E, Gonçalves PS, Scaloppi Júnior EJ, Silva JQ. Development of clonal rubber tree rootstocks (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) in a suspended nursery. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 2020;3(3):877-883. doi: 10.34188/bjaerv3n3-007
- 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.
- Mendes GGC, Santos GA, Xavier A, Martins SV, Souza GA, Martins TGV, Reis Neto RF. Grafting efficiency in Brazilian native tree species. *Scientia Forestalis*. 2021; 49(132): e3687. doi: 10.18671/scifor.v49n132.04
- Menezes NS. Fatores que afetam a expressão sexual em plantas de pepino. *Ciência Rural*. 1994;24(1):209-215. doi:10.1590/S0103-84781994000100042
- Mog B, Janani P, Nayak MG, Adiga JD, Meena R. Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by paclobutrazol. *Scientia Horticulturae*. 2019;257(1):108748. doi: 10.1016/j.scienta.2019.108748
- Moncur MW, Rasmussen GF, Hasan O. Effect of paclobutrazol on flower-bud production in *Eucalyptus nitens* espalier seed orchards. *Canadian Journal of Forest Research*. 1994;24(1): 46-49. doi: 10.1139/x94-007
- Muengkaew R, Chaiprasart P. Effect of paclobutrazol soil drenching on flowering of ‘Mahachanok’ cultivar. *Acta Horti*. 2016;1111(1):323-328. doi: 10.17660/Acta Horti.2016.1111.46
- Oliveira GP. Use of paclobutrazol in mango production. *Research, Society and Development*. 2020; 9(7): e939975183. doi: 10.33448/rsd-v9i7.5183
- Pereira AC, Scaloppi JEJ, Costa E, Martins GLM, Souza NC. Efeito da poda apical nos atributos morfofisiológicos do porta-enxerto clonal de seringueira GT1. *Ciência Florestal*. 2019;29(2):900-912. doi: 10.5902/1980509824542.
- Pinheiro E, Libonati VF, Castro C, Pinheiro FSV. Enxertia de copa na formação de seringais de cultivo nos trópicos úmidos da Amazônia. In: *Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Enxertia de copa em seringueira*. Manaus: EMBRAPA 1989.
- Prabpree A, Sangsil P, Nualsri C, Nakkanong K. Expression profile of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and phenolic content during early stages of graft development in bud grafted *Hevea brasiliensis*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2018;14(1):88-95. doi: 10.1016/j.bcab.2018.02.010.
- Ribeiro GD, Costa JNM, Vieira AH, Santos MRA. Enxertia em fruteiras. *Recomendações técnicas Embrapa*, 2005.
- Ribeiro AFF, Matsumoto SN, Ramos PAS, Santos JLD, Teixeira EC, D’Arêde LO, Viana AESV. Paclobutrazol and water restriction on the growth and development of coffee plants. *Coffee Science*. 2017; 12:534-543.
- Rocha MGB, Rocha D, Clemente VM, Freitas MV, Gomes R, Jesus SV, Chaves RM, Torres GA, Xavier A. Propagação vegetativa de espécies arbóreas nativas. In: *Rocha MGB. Melhoramento de espécies arbóreas nativas*. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2002.

- Rocha KB, Rocha JHT, Gonçalves AN. Grafting methods for production of rubber tree seedlings in suspended nursery. *Scientia Forestalis*. 2018;46(120):646-656. doi: 10.18671/scifor.v46n120.13
- Santin D, Wendling I, Benedetti EL, Morandi D. Enxertia seriada de erva-mate em viveiro e campo. *Pesquisa Florestal Brasileira*. 2015; 35(84): 409–418. doi: 10.4336/2015.pfb.35.84.903.
- Singhal RK, Jatav HS, Aftab T, Pandey S, Mishra UN, Chauhan J, Chand S, Indu, Saha D, Dadarwal BK, Chandra K, Khan MA, Rajput VD, Minkina T, Narayana ES, Sharma MK, Ahmed S. Roles of nitric oxide in conferring multiple abiotic stress tolerance in plants and crosstalk with other plant growth regulators. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021; 40, 2303–2328. doi :10.1007/s00344-021-10446-8
- Silva TRG, Costa MLA, Farias LRA, Santos, MA, Rocha JLL, Silva, JV. 2021. Abiotic factors in plant growth and flowering. *Pesquisa, sociedade e desenvolvimento*. 2021;10(4): e19710 413817. doi: 10.33448/rsd-v10i4.13817.
- Simões IM, Lopes JC, Schimldt ER, Ferreira A, Baptista JO, Araujo CP, Rosa TLM, Amaral GC, Alexandre RS. Grafting between species of the genus *Handroanthus* for the production of multi-colored flower canopies. *Scientia Forestalis*. 2021; 49(132): e3701. doi: 10.18671/scifor.v49n132.07
- Soumya PR, Kumar P, Pal M. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. *Indian Journal of Plant Physiology*. 2017;22(1):267–278. doi: 10.1007/s40502-017-0316-x
- Souza AGC; Resende MDV, Silva SEL, Sousa NR. The cupuaçu genetic improvement program at Embrapa Amazônia Ocidental. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2002;2(3):471-478. doi: 10.12702/1984-7033.v02n03a19.
- Souza MA, Mesquita AC, Simoes WL, Ferreira KM, Araújo EFJ. Physiological and biochemical characterization of mango tree with paclobutrazol application via irrigation. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2016;46(4):442-449. doi:10.1590/1983-40632 016v4642829
- Souza IM, Funch LS. Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea L.* species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photoperiod as the trigger. *Revista Brasileira de Botânica*. 2017. 40(1): 125-136. 10.1007/s40415-016-0314-7
- Sudsiri CJ, Jumpa N, Ritchie RJ. Stimulation of propagation of para-rubber tree grafts using electromagnetic field irradiation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2022;40(1):102300. doi:10.1016/j.bcab.2022.102300.
- Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2017.
- Tesfahun W. A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture*. 2018;4(1):1-9. doi: 10.1080/23311932.2018.1525169
- Upreti KK, Shivu Prasad SR, Reddy YTN, Rajeshwara AN. Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica L.*) cv. Totapuri. *Ind J Plant Physiol*. 2014;19: 317-323. doi:10.1007/s40502-014-0113-8
- Wendling I, Stuepp CA, Zuffellato-Ribas KC. *Araucaria angustifolia* grafting: techniques, environments and origin of propagation material. *Bosque*. 2016; 37(2): 285-293. doi: 10.4067/S0717-92002016000200007.
- Wendling I, Zanette F, Rickli-Horsti HC; Constantino V. Produção de mudas de araucária por enxertia. In: Wendling, I.; Zanette, F. (Ed.). *Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios*. Brasília: Embrapa, 2017b.
- Yooyongwech, S., Samphumphuang, T., Tisarum, R., Theerawitaya, C., and Cha-um, S., Water-deficit tolerance in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] by foliar application of paclobutrazol: role of soluble sugar and free proline, *Front. Plant Sci.*, 2017, vol. 8, p. 1400.
- Xavier A, Wendling I, Silva RL. *Silvicultura clonal - princípios e técnicas*. Viçosa: Editora UFV, 2013.