

## ARTIGO DE REVISÃO

# REGULADORES DE CRESCIMENTO NA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS

ANDRÉIA ALVES BOTIN<sup>1\*</sup>, ANDRÉA DE CARVALHO<sup>1</sup>

Recebido em 30.10.2013 e aceito em 14.11.2014.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso, Campus de Sinop. Avenida Alexandre Ferronato, 1200, Reserva 35, Distrito Industrial, CEP: 78.557-267, Sinop, Mato Grosso, Brasil. \*Email autor correspondente: andrea.botin@yahoo.com.br

**RESUMO:** A revisão descreve os efeitos da aplicação de reguladores de crescimento na produção de mudas florestais. Buscou-se analisar a interação dos reguladores de crescimento na propagação por estacas e na germinação de sementes, visando a produção de mudas em menor período de tempo. Com este pressuposto, analisou-se artigos científicos que permitiram verificar a importância da aplicação dos reguladores de crescimento na produção de mudas com a finalidade de alcançar um denso e rápido enraizamento através da multiplicação e alongamento celular a partir das auxinas. No processo da germinação de sementes destaca-se o uso de giberelinas, tendo ácido abscísico e etileno como inibidores durante os primeiros dias da germinação. Fatores como luz, água, substrato, comprimento das estacas, diâmetro, espécie e outros fatores devem ser considerados na produção de mudas, visando obter melhores e resultados mais rápidos.

**Palavras-chave:** fitorreguladores, propagação, espécies florestais.

## PLANT GROWTH REGULATORS IN THE PRODUCTION OF FORESTS SEEDLINGS

**ABSTRACT:** The review describes the effects of the growth regulators application on production of forests seedlings. It was sought to analyze the interaction of growth regulators on propagation by cuttings and seed germination, aiming the seedling production in a shortest period of time. With this assumption, it was analyzed scientific articles that helped confirm the importance of the application of growth regulators on seedlings production in order to achieve a dense and fast rooting through multiplication and cell elongation from auxin. In the process of seed germination highlights the use of gibberellin, and abscisic acid and ethylene as inhibitors during the first days of germination. Factors such as light, water, substrate, cutting length and diameter, species and other factors should be considered in the production of seedlings in order to obtain better and faster results.

**Key words:** phyto regulators, propagation, forest species

## INTRODUÇÃO

O termo hormônio vem do grego *horman*, que significa “estimular” (Raven, 2007; Vieira, 2011). Os hormônios vegetais são também conhecidos como fitormônios e estes, junto com fatores externos iniciam o processo de

crescimento e diferenciação, bem como sincronizam o desenvolvimento da planta com as mudanças sazonais do ambiente, regulam a intensidade e orientação do crescimento, da atividade metabólica, do transporte, do estoque e da mobilização de materiais nutritivos (Larcher, 2000; Pereira et al., 2010).

Reguladores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nas plantas alterando assim seu balanço hormonal, atuando na germinação, emergência e desenvolvimento inicial das plantas, promovendo o alongamento do caule, divisão celular em tecidos, crescimento de frutos, abscisão foliar, induzindo o florescimento, entre outros (Dias et al., 1999; Cunha et al., 2004; Scalón et al., 2006; Millán-Orozco et al., 2011; Nakhooda et al., 2011; Quiala et al., 2011; Ruedell et al., 2013).

O uso de espécies arbóreas em programas de recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais intensificaram-se. Entretanto, as sementes apresentam mecanismos de dormência, o que auxilia o planejamento dos viveiristas na obtenção da muda para os fins supracitados. Os métodos para quebrar a dormência deverão promover aberturas no tegumento, permitindo a embebição, como ocorre com a escarificação e agentes químicos (ácidos fortes, nitrato de potássio, reguladores de crescimento e solventes orgânicos) (Scalón et al., 2006). Já espécies florestais com baixas taxas de produção de sementes e germinação devem ser propagadas vegetativamente.

Os hormônios vegetais regulam processos fisiológicos em árvores, incluindo o crescimento (Savidge & Wareing 1984) e a reprodução conforme comenta Kong et al. (2012). A propagação vegetativa é a multiplicação de um vegetal a partir de tecidos que possuem capacidade de reassumir suas atividades meristemáticas (Ferreira, 2009), obtendo clones vegetais, sendo o regulador aplicado para facilitar e acelerar o enraizamento, produzindo mudas com uniformidade (Hartmann & Kester, 1978; Dias et al., 1999).

Dessa forma, este trabalho teve por objetivos realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso dos reguladores vegetais nas espécies florestais e levantar as concentrações usadas na indução do enraizamento e na germinação de sementes.

## DESENVOLVIMENTO

O enraizamento adventício é um processo organogênico pós-embrionário em que novos meristemas da raiz são induzidos a partir de uma sequência regulamentada da proliferação e diferenciação celular, na posição onde as raízes normalmente não se originariam (Rolli et al., 2012). A capacidade de enraizamento depende

de fatores endógenos e exógenos, como influências fisiológicas, idade e fase ontogenética da planta mãe, luz, temperatura e composição do meio de nutrição (Németh, 1986).

Em espécies lenhosas, a aptidão para o enraizamento de estacas está associada ao grau de maturação. Na fase juvenil as plantas apresentam maior potencial de enraizamento que plantas adultas (Hartmann et al., 2002). Devido à dificuldade de enraizamento do material senil, o rejuvenescimento de células e tecidos é um dos mais importantes aspectos para o alcance efetivo da propagação vegetativa (Biasi, 1996; Mesém, 1997; Ferreira et al., 2010).

A estaquia é um processo lento e impraticável para espécies que não possuem a composição química endógena necessária. Esse entrave pode ser resolvido com o emprego de reguladores vegetais, especificamente do grupo das auxinas e de cofatores do enraizamento, que estimulam e aceleram o enraizamento das estacas (Ono et al., 1994; Ferreira et al., 2009).

Os reguladores de crescimento nem sempre garantem uma boa resposta na formação das raízes, pois as raízes são sensíveis a essas substâncias. As concentrações de reguladores empregadas devem ser as ideais para cada espécie, pois qualquer acréscimo além do necessário torna-se inibitório (Alvarenga & Carvalho, 1983; Dias, 1999).

O uso de reguladores no enraizamento de plantas induz e aumenta a porcentagem de raízes ao invés de promover a qualidade do sistema radicular antes ou após o período de aclimação (Nakhooda et al., 2011). O sucesso do enraizamento *in vitro* de *Tectona grandis* ocorreu a partir de um corte em uma das pontas das microestacas quando colocadas em meio MS (Murashige & Skoog, 1962) e meio MS corrigido com diferentes concentrações de AIB (ácido indolil-3-butírico) e ANA (ácido  $\alpha$ -naftalenoacético) (Kozgar & Shahzad, 2012).

A indução das raízes pode ser obtida por análogos de auxina, no entanto o modo de ação e o transporte de cada molécula diferem dentro dos tecidos da planta (Vieten et al., 2007) e os efeitos específicos do análogo sobre o desenvolvimento fisiológico da plântula não pode ser descartado. O ácido indolil-3-acético (AIA) é mais rapidamente absorvido

pelas plantas e facilmente conjugado ou oxidado para formas inativas (Blakesley, 1994) que o AIB, que é mais estável e persistente nos tecidos vegetais (Klerk et al., 1999).

Os conjugados de auxina são armazenados dentro da planta e depois hidrolisados para fornecer auxina livre como a planta requer (Blakesley, 1994; Nakhooda et al., 2011). Considera-se que as raízes desenvolvem-se em estádios e algumas fases podem ser inibidas pela aplicação de auxinas, para tanto, a escolha da auxina e o tempo que o material irá permanecer em contato com o regulador deve ser considerado na realização do processo de propagação de plantas.

As auxinas são os principais reguladores usados no enraizamento de estacas, sendo a molécula amplamente estudada e utilizada, já as substâncias citocinínicas, tidiazuron (TDZ) e 6-benzilaminopurina (BAP), dificultam a atividade meristemática radicular, a formação de raízes laterais e agem como inibidores quando presentes em elevadas concentrações nas plantas (Hartmann et al., 2002; Kozgar & Shahzad, 2012; Ferreira et al., 2009). Em fases iniciais do enraizamento o balanço hormonal entre citocininas e auxinas estimulam as divisões celulares, porém com o aumento das moléculas de citocininas nos tecidos, as mesmas tornam-se inibidoras das divisões celulares devido a sua alta concentração na estaca (Klerk et al., 2001; Rolli et al., 2012).

O enraizamento de *Eucalyptus* sp., realizado por Wilson (1994), Almeida et al. (2007) e Girijashankar (2012), determinou que a aplicação do AIB foi a mais indicada para propagação vegetativa, sendo a dosagem de acordo com a espécie utilizada. A tendência é o uso de doses menores de reguladores e quando possível, a suspensão do próprio uso, visto que a planta já produz endogenamente a auxina para sua propagação (Almeida et al., 2007).

A presença da área foliar em estacas de *Prunus africana* afetou a porcentagem de enraizamento, sendo que estacas sem folhas não enraizaram e morreram em 6 semanas. Estacas com área foliar de 20 cm<sup>2</sup> aumentaram para uma média de 14 raízes por estacas e juntamente com a aplicação de AIB melhorou o processo de enraizamento (Tchoundjeu et al., 2002).

Ao avaliar a influência do AIB no enraizamento de mudas de *Sapium glandulatum* foi possível alcançar 52% de enraizamento (Cunha et al., 2004). Após o quarto dia em

exposição ao regulador foi possível observar primórdios radiculares em *Cedrela odorata* (Millán-Orozco et al., 2011). A aplicação de 6000 ppm (pó) de AIB em estacas de *Platanus acerifolia*, com diâmetro médio de 2,75 cm, influenciou no enraizamento de estacas obtendo assim 11,85 raízes por estaca e comprimento médio de 38,38 cm por estaca (Dias et al., 1999).

A diferença na capacidade de enraizamento das estacas relaciona-se às fases de desenvolvimento da planta matriz e ao estado bioquímico e fisiológico das estacas (Leonel et al., 1991; Fachinello, 1994). O número de folhas formadas por estacas interfere no enraizamento, pois a emissão foliar favorece a sobrevivência e o enraizamento em todos os diâmetros de estacas tratadas.

Na propagação por miniestaquia de Cedro-rosa a não aplicação de AIB proporcionou melhores resultados de enraizamento, sendo o material de origem seminal tecnicamente viável para a propagação, tornando-se uma alternativa viável para a produção de mudas durante o ano todo (Xavier et al., 2003). Entre as substâncias promotoras de enraizamento Hartmann & Kester (1978) recomendam o AIB, por ser menos tóxico que os demais reguladores de crescimento sintéticos utilizados (Dias et al., 1999).

A utilização de reguladores vegetais busca aprimorar quantitativamente e qualitativamente a produção de mudas de diversas espécies em um curto espaço de tempo. Fatores endógenos: juvenilidade, nutrição mineral e aplicação de reguladores, bem como os exógenos: umidade do ar, temperatura, luminosidade e a disponibilidade hídrica podem afetar diretamente o sucesso da propagação vegetativa.

Para que ocorra a promoção do enraizamento com a aplicação do regulador é necessário conhecer o análogo a ser utilizado e a sua concentração adequada, sendo importante considerar que a planta já possui níveis endógenos de hormônios, aconselhando-se o uso das menores doses, evitando assim a intoxicação e morte das estacas.

A formação de brotos é o processo de organogênese mais estudado, pois o meristema do broto dá origem a todas as

partes aéreas do corpo da planta, a formação de novos brotos é amplamente utilizada na biotecnologia para a propagação de plantas. Além disso, a formação de novos brotos é altamente controlada e pode, assim, servir como um excelente sistema experimental para o estudo de processos biológicos fundamentais, tais como iniciação de células-tronco e diferenciação celular (Che et al., 2006; Cheng et al., 2013).

Os sucessos relatados de protocolos de micropropagação de eucalipto, incluindo a proliferação de gemas axilares, centraram-se no equilíbrio correto de reguladores de crescimento de plantas (mais notavelmente auxinas e citocininas), em uma forma específica do genótipo, para alcançar o máximo de proliferação de brotações *in vitro* e enraizamento (Jones & Van Staden, 1997; Nakhooda et al., 2011).

A definição do meio de cultura adequado para cada espécie, o regulador e a sua concentração são imprescindíveis para o sucesso da propagação de culturas *in vitro* (Leitzke et al., 2010). Nesse sentido, novos protocolos envolvem a reformulação dos meios nutritivos, tais como MS e WPM (Lloyd & Mccown, 1980).

Os fatores como a escolha da citocinina e sua concentração influenciam no sucesso da multiplicação *in vitro*, e são indispensáveis durante o processo de superação da dominância apical e indução da proliferação das gemas axilares (Grattapaglia & Machado, 1998). A BAP, seguida da cinetina e isopenteniladenina (2iP), é uma das citocininas mais utilizadas no processo de multiplicação, tanto de estruturas aéreas, como na indução de gemas adventícias em diversas espécies (Hu & Wang, 1983).

O tidiazuron (TDZ) possui alta atividade de citocinina em cultivos *in vitro*, quando comparado a outras citocinina do tipo das adeninas, em particular BAP e zeatina, portanto, a dose requerida para se obter resultados similares de multiplicação deve ser menor.

A aplicação de 0,3 mg.L<sup>-1</sup> de BAP resultou em um maior número de gemas brotadas em *Eucalyptus dunni*. As brotações subcultivadas em TDZ se apresentavam amareladas, pouco desenvolvidas e com formação excessiva de calos (massa de células pluripotentes undiferenciadas) na base. Tal fato ressalta a necessidade do teste de concentrações mais baixas de TDZ comparadas com mais altas de citocininas da classe das aminopurinas para se verificar a eficiência dessa substância de citocinínica na multiplicação de brotações de *E. dunni* (Graça et al., 2001).

As citocininas são indispensáveis para a quebra de dominância apical e indução de proliferação de gemas axilares, sendo o tipo de citocinina e sua concentração os fatores que influenciam o sucesso da multiplicação *in vitro*. As concentrações de citocininas na multiplicação de *Eucalyptus* geralmente variam de 0,1 a 5,0 mg L<sup>-1</sup>, onde as concentrações de auxina são baixas quando comparadas com as citocininas, tendo em vista a manutenção do balanço auxina/citocinina menor que 1 (Grattapaglia & Machado, 1998), no qual as concentrações de reguladores de crescimento são variáveis de acordo com a espécie (Brondani et al. 2009).

As principais moléculas de sinalização no desenvolvimento de plantas são as auxinas e as citocininas (Moubayidin et al., 2009). O elevado conteúdo de citocinina favorece o desenvolvimento da parte aérea, enquanto, elevados teores de auxina favorecem o desenvolvimento radicular, sendo o equilíbrio das concentrações dessas espécies ideal para a formação de calos (George et al., 2008; Nakhooda et al., 2012). Entre as citocininas comercialmente disponíveis, a BAP é a que, em geral, apresenta os melhores resultados (Moura et al., 2012).

Na germinação de sementes existem aquelas que, mesmo viáveis não germinam embora haja disponibilidade de água, gases (O<sub>2</sub>) e a temperatura estejam aparentemente adequadas. Essas sementes são denominadas dormentes e precisam de tratamento especial para germinar. A dormência é um fenômeno intrínseco da semente, funcionando como mecanismo natural de resistência aos fatores adversos do meio, podendo manifestar-se de duas formas: dormência imposta pela casca e dormência embrionária (Bewley & Black, 1985; Alves et al., 2000).

A dormência embrionária é causada pela conjugação das giberelinas livres com açúcares, deixando-as inativas. Para tanto é necessário que ocorra mudanças de temperatura, luminosidade e a utilização de reguladores para que haja modificações fisiológicas no eixo embrionário (Bewley & Black, 1985; Alves et al., 2000).

A Teca é convencionalmente reproduzida através de sementes (em condições naturais), mas sua germinação é muitas vezes difícil, pois o tegumento duro limita a produção de um grande número de

mudas em um tempo definido. A propagação da Teca via estacas foi relatada por Nautiyal et al. (1992), mas a limitação para isto é que dos indivíduos selecionados poucos propágulos são produzidos. Com isto, a propagação *in vitro* é vista como um método alternativo da propagação clonal (Kozgar & Shahzar, 2012).

As moléculas que compõem a classe hormonal giberelina, promovem a síntese de enzimas (endo- $\beta$ -manases e expansinas) envolvidas no afrouxamento das paredes celulares que formam os tegumentos, bem como a síntese das enzimas hidrolíticas ( $\alpha$ -amilase) de reserva nutritiva contida no endosperma (Scalon et al., 2006). Os principais reguladores comerciais dessa classe hormonal são: GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub> e promalin.

No processo de germinação, o GA<sub>3</sub> é conhecido por quebrar a dormência de vários tipos de sementes, via síntese da  $\alpha$ -amilase e outras hidrolases (Shepley et al., 1972; Kozgar & Shahzar, 2012), assim como o aumento da sua concentração eleva o percentual de germinação independentemente da concentração de ethephon (Oliveira et al., 2010).

#### **Reguladores de crescimento: auxinas, citocininas e giberelinas**

As auxinas são importantes na regulação do crescimento e desenvolvimento do vegetal. O termo auxina (do grego *auxein*) significa crescer ou aumentar, a auxina natural mais abundante é o AIA cuja fórmula molecular é C<sub>10</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>2</sub>. Dependendo da espécie, da idade da planta, da estação do ano e das condições sob as quais a mesma se desenvolve, outras auxinas naturais podem ser encontradas, como as moléculas análogas cloradas da AIA: ácido-4-cloroindolil-3-acético (4-cloroAIA), o ácido fenilacético e o ácido indolil-3-butírico (AIB) (Mercier, 2004).

O efeito fisiológico de cada auxina (Tabela 1) no tecido em desenvolvimento da planta, com respeito ao crescimento e morfogênese, difere em termos de adesão, conjugação, transporte e metabolismo dentro dos tecidos da planta. (Blakesley, 1994; George et al., 2008; Nakhooda et al., 2011).

A aplicação das auxinas naturais como o AIA e das auxinas sintéticas como o AIB e o ANA estimula a maior produção de enraizamento adventício em estacas caulinares e foliares e é considerado um marco na história da propagação vegetativa, sendo assim, dentre as substâncias reguladoras do crescimento, as auxinas são as

que apresentam maiores efeitos na formação de raízes adventícias (Hartmann et al., 2002).

A propagação por miniestaquia de *Eucalyptus cloeziana* com o uso de baixas doses de AIB resulta em índices elevados de enraizamento (Almeida et al, 2007). Para Assis et al. (1992), ao aplicar menores doses de AIB tem-se 100% de sobrevivência das plantas ao saírem da casa de vegetação, independente da forma de aplicação (pó ou líquida).

Em clones com potencial rizogênico reduzido, a aplicação na forma de pó em doses maiores de AIB (6000 mg L<sup>-1</sup>) foram as mais indicadas, dessa forma a aplicação do AIB em pó facilita a operação e produz mudas com elevado vigor fisiológico (Assis et al, 1992).

O ANA é outra substância química utilizada como regulador de crescimento e a aplicação de 0, 3000 e 6000 mg L<sup>-1</sup> não influenciou o enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus cloeziana* (Almeida et al., 2007).

Aplicações exógenas de reguladores de crescimento em propágulos vegetativos, principalmente auxinas, proporcionam maior percentual, velocidade e qualidade de enraizamento (Hartmann et al., 1997). As concentrações aplicadas variam em função da espécie, do estado de maturação dos propágulos, das condições ambientais, da forma de aplicação, entre outros fatores (Chung & Lee, 1994).

De todos os fatores ambientais a temperatura do ar, é aquele que mais influencia a produção de mudas de espécies florestais, sendo observado por Xavier et al. (2003) que a coleta de miniestacas em temperaturas entre 16°C e 22°C, proporciona condições fisiológicas menos favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das brotações e, conseqüentemente, as miniestacas obtidas responderam negativamente ao processo de enraizamento.

Trabalhos realizados por Wilson (1994), Paiva & Gomes (1995), Hartmann et al. (1997) e Xavier et al. (2003), indicam que, entre outros fatores, as condições climáticas e fisiológicas da planta matriz influenciam o sucesso da propagação vegetativa por estacas. As estações do ano que apresentam temperaturas mais elevadas muitas vezes coincidem com o aumento da atividade das brotações, florescimento e maiores taxas de

crescimento (Kibbler et al., 2004; Alcantara et al., 2008).

A estação do ano em que estacas são coletadas também é um fator decisivo para o sucesso de enraizamento. Para espécies, consideradas de fácil enraizamento, a época da coleta não influencia a formação de raízes. Entretanto, algumas espécies somente apresentam porcentagens satisfatórias de enraizamento quando a coleta das estacas ocorre em períodos específicos (Hartmann et al., 2002). Segundo Howard (1996) a estação do ano irá influenciar o enraizamento das estacas por afetar as condições fisiológicas, o estágio de crescimento, balanço hormonal e grau de lignificação da planta matriz, da qual serão coletadas as estacas para confecção das estacas (Alcantara et al., 2008).

Ao aplicar doses de AIB entre 0 (zero) e 4000 mg L<sup>-1</sup> no enraizamento de miniestacas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), no momento da saída das mudas da casa de vegetação, verifica-se que não há diferenças significativas para as doses aplicadas, fato explicado, pelo uso de material propagativo juvenil, cujo balanço hormonal interno foi favorável ao enraizamento, ocorrendo assim resposta negativa à aplicação hormonal (Xavier et al., 2003).

Há uma correlação positiva entre o regulador crescimento aplicado em miniestacas de *Sapium glandulatum* e a estação do ano, cujas diferenças significativas foram observadas na estação verão, nas concentrações, 2000, 6000 e 8000 mg L<sup>-1</sup> de AIB. Nas outras estações do ano, não houve diferenças significativas entre o AIB e ANA (Ferreira et al., 2010). Contudo, estes resultados contrastam com os encontrados por Xavier et al. (2003), para *Cedrela fissilis*, por que em temperaturas baixas encontrou as menores porcentagens de enraizamento.

Na regeneração *in vitro* de *Eucalyptus camaldulensis*, houve variação do número de raízes (2 a 10 por brotação), sendo a resposta à iniciação radicular lenta, a variação do enraizamento também foi constatada com o uso de diferentes genótipos, iniciando a partir do décimo quinto dia e para os outros genótipos após o trigésimo (Girijashankar, 2012). A utilização da metade do meio MS (suplementado com 30 g L<sup>-1</sup> de sacarose como fonte de carboidrato), acrescido de 1 mg L<sup>-1</sup> de AIB resultou em 60% de enraizamento, com a formação de 2 a 8 raízes com 2 a 7 cm de comprimento, em contrapartida, concentrações maiores que 1 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolilbutírico (AIB)

resultou na formação de calos, sendo o AIB mais eficiente que o ANA e AIA (Girijashankar, 2012).

Microestacas de *Tectona grandis* L. tratadas em meio MS com 0,46 mg L<sup>-1</sup> de ANA apresentaram 6,7 ± 2,1 raízes por estaca com comprimento de 2,1 ± 0,07 cm o que representa um percentual de 85,3% das microestacas enraizadas (Kozgar & Shahzad, 2012).

Avaliando a qualidade da radiação durante o período de enraizamento das miniestacas de *E. globulus*, Ruedell et al. (2013) não encontraram efeitos significativos sobre os parâmetros morfológicos do enraizamento adventício, porém, observaram que as diferenças foram devido à presença ou ausência da auxina durante a fase da indução radicular e que microestacas expostas a 1,0 mg L<sup>-1</sup> de AIB apresentaram 5,67 ± 0,35 raízes por estaca e no tratamento sem auxina 1,58 ± 0,34 raízes por estaca.

A adição de 0,1 mg L<sup>-1</sup> de AIB ao meio em clones de *Eucalyptus grandis*, considerados de difícil enraizamento, resultou na indução das raízes, devido a sua maior ação rizogênica quando comparado ao AIA (Nakhoda et al., 2011). Já Girijashankar (2012), ressaltou que concentrações acima de 0,1 mg L<sup>-1</sup> de AIB resultou na formação de calos, contrapondo Nakhoda et al. (2011), que observaram calos nas concentrações acima de 0,5 mg L<sup>-1</sup> de AIB, e um período de atraso no processo de enraizamento.

**Tabela 1.** Reguladores vegetais usados no enraizamento e na formação de calos de espécies florestais.

| Autor                   | Regulador | Espécie florestal               | [mg L <sup>-1</sup> ]     | Efeito                            |
|-------------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Wilson (1994)           | AIB       | <i>Eucalyptus</i>               | 6000, 8000                | Enraizamento                      |
| Almeida et al. (2007)   | AIB       | <i>E. cloeziana</i>             | 1500                      | Enraizamento                      |
| Almeida et al. (2007)   | ANA       | <i>E. cloeziana</i>             | 0, 3000, 6000             | não houve efeito                  |
| Xavier et al. (2003)    | AIB       | <i>Cedrela fissilis</i>         | 0, 1000, 2000, 4000       | não houve efeito                  |
| Ferreira et al. (2010)  | AIB       | <i>Sapium glandulatum</i>       | 0, 2000, 4000, 6000, 8000 | enraizamento                      |
| Girijashankar (2012)    | AIB       | <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 0,1                       | enraizamento<br>formação de calos |
| Kozgar & Shahzad (2012) | ANA       | <i>Tectona grandis</i>          | 0,46                      | enraizamento                      |
| Nakhoda et al. (2011)   | AIB       | <i>E. grandis</i>               | 0,1                       | enraizamento                      |
| Nakhoda et al. (2011)   | AIB       | <i>Eucalyptus grandis</i>       | 0,5                       | enraizamento<br>formação de calos |
| Ruedell et al. (2013)   | AIB       | <i>E. globulus</i>              | 1,0                       | enraizamento                      |

Dentro da classe dos reguladores (Tabela 2) as citocininas possuem uma capacidade marcante no processo de indução da divisão celular em tecidos vegetais (Moura et al., 2012). Uma definição equivalente para citocininas foi proposta por Hall (1975), como sendo substâncias que promovem o crescimento e a diferenciação em cultura de calo (Peres & Kerbauy, 2004). As citocininas encontram-se diretamente ligadas a processos biotecnológicos importantes na produção das mudas de espécies florestais consideradas de difícil enraizamento e crescimento.

Todas as citocininas naturais são derivadas da adenina, sendo elas: Isopenteniladenina (iP), *trans*-zeatina (t-Z) e diidrozeatina ((diH)Z), consideradas formas livres desses hormônios. As citocininas sintéticas são: cinetina (KIN) e a BAP que possuem um anel de purina (adenina) igual ao das citocininas naturais e o TDZ, uma citocinina do tipo feniluréia que difere bastante da estrutura das citocininas naturais pela ausência da base nitrogenada (adenina) (Lameira et al., 1997).

As citocininas são moléculas químicas que, além de serem essenciais à citocinese, promovem alterações na taxa metabólica, na atividade enzimática, na indução e formação de órgãos, na quebra da dominância apical, na mobilização de nutrientes orgânicos e inorgânicos da longevidade de tecidos e órgãos (Peres & Kerbauy, 2004; Soares et al., 2011), brotações laterais, expansão das folhas, retardamento da senescência de tecidos e órgãos, associado ao acúmulo do pigmento clorofila, com a maior conversão de etioplastos (precursores) em cloroplastos (Garcia et al., 2006).

A importância do balanço hormonal de auxina e citocinina na organogênese consiste na formação de calos, derivados de vários tecidos em crescimento do explante no meio de indução. A iniciação de células estaminais, estabelecimento de padrões e regeneração dos órgãos também dependem da razão auxina/citocinina no meio de indução, sendo que brotos e raízes podem ser regenerados (Cheng et al., 2013).

Na regeneração *in vitro* de *Eucalyptus camaldulensis*, a formação de brotações e multiplicação celular foram conseguidas com o uso do meio basal composto MS suplementado com 2 mg L<sup>-1</sup> de BAP e 0,1 mg L<sup>-1</sup> de ANA. A melhor resposta no alongamento celular foi observada em meio basal MS com 0,5 mg L<sup>-1</sup> de

BAP, evidenciando que MS suplementado com citocininas e baixas concentrações de auxinas (20:1) favorece vias de regeneração direta (Girijashankar, 2012).

Estacas de *Tectona grandis* tratadas com 0,56 mg L<sup>-1</sup> de TDZ resultou na indução direta de brotações e crescimento com uma média de 6,2 ± 1,8 brotações por estaca de ápices caulinares. Sendo 91% das brotações produzidas em meio composto de MS + KIN (0,46 mg L<sup>-1</sup>) + TDZ (0,46 mg L<sup>-1</sup>). Ressalta-se a importância das citocininas no alongamento celular e na produção de gemas, isto se dá pelo balanço auxina/citocinina favorável às citocininas na formação de gemas caulinares *in vitro* (Kozgar & Shahzad, 2012).

Em *Schizolobium amazonicum*, a concentração de 3 mg L<sup>-1</sup> de BAP desencadeou a proliferação de brotos (2,14 por estaca *in vitro*), essa multiplicação está relacionada com a capacidade dos tecidos vegetais sofrerem rápidas divisões celulares, liberando as gemas da dominância apical. Concentrações maiores de citocinina reduziram o comprimento da brotação, bem como aumentou a incidência dos calos. A presença das menores concentrações de sais no meio de cultura MS induziu o crescimento das estacas do Paricá (Cordeiro et al., 2004).

A concentração de 1,0 mg L<sup>-1</sup> de 6-benziladenina (BA) promoveu o crescimento e a proliferação de 4,1 brotos por estaca em plantas de *Tectona grandis* e a produção de apenas um broto por estaca no meio sem auxina. Ao aumentar a concentração para 1,5 mg L<sup>-1</sup> de BA não houve enraizamento, mas surgiram 10,3 brotações por estacas, e destes pelo menos 4,6 tornaram-se hiperhídricos (Quiala et al., 2011). Para os mesmos autores, a aplicação da citocinina resulta em um aumento da quantidade de água nas estacas, já que plantas cultivadas *in vitro* e em meio sem citocinina + 1,0 mg L<sup>-1</sup> de BA apresentaram menor conteúdo de água, maior teor de fenóis, complexo estomático normal, xilema bem organizado e padrões homogêneos na deposição de lignina.

Para o alongamento e crescimento celular de estacas, o BAP é considerado a melhor citocinina quando comparada com moléculas de TDZ e KIN. A aplicação crescente de doses de BAP aumentou relativamente o número das brotações em estacas de *Tectona grandis*, conforme



observado por Quiala et al. (2011) e Kozgar & Shahzad (2012), sendo que, concentrações elevadas geraram brotações com maior quantidade de água e em contrapartida, menor quantidade de compostos fenólicos (lignina), compostos esses que possibilitam o bom desenvolvimento do sistema vascular, propiciando rigidez aos vasos.

**Tabela 2.** Reguladores vegetais usados para promover a brotação e o alongamento celular em espécies florestais.

| Autor                   | Regulador  | Espécie florestal               | [mg L <sup>-1</sup> ] | Efeito                              |
|-------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Girjashankar (2012)     | BAP<br>ANA | <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 0,2                   | brotações                           |
|                         |            |                                 | 0,1                   | multiplicação celular               |
|                         |            |                                 | 0,5                   | Alongamento celular                 |
| Kozgar & Shahzad (2012) | TDZ        | <i>Tectona grandis</i>          | 0,56                  | brotações diretas<br>crescimento    |
| Cordeiro et al. (2004)  | BAP        | <i>Schizolobium amazonicum</i>  | 3                     | proliferação de brotos              |
| Quiala et al. (2011)    | BA         | <i>Tectona grandis</i>          | 1,0                   | proliferação de brotos              |
|                         |            |                                 | 1,5                   | brotos hiperídricos<br>enraizamento |
| Moura et al. (2012)     | BAP        | Sucupira-preta                  | 0,3                   | emissão de gemas<br>axilares        |

As giberelinas são definidas mais por sua estrutura química do que por sua atividade biológica. Todas as giberelinas são dipentenóides tetracíclicos constituídos de quatro unidades de isoprenóides. A unidade biológica isopreno é o isopentenilpifosfato (IPP). A fórmula molecular da giberelina é C<sub>19</sub>H<sub>22</sub>O<sub>6</sub>.

A rota biosintética das giberelinas ocorre em três diferentes compartimentos celulares, sendo a primeira etapa nos plastídios, com a formação de precursores de terpenóides e do ent-caureno. A segunda etapa no retículo endoplasmático em que o grupo metil do ent-caureno é oxidado a ácido carboxílico, seguido pela contração do anel de seis carbonos para um de cinco carbonos, resultando no GA<sub>12</sub> aldeído, que é oxidado a GA<sub>12</sub>, é essa, a primeira giberelina da rota em todos os vegetais, precursora das demais existentes. A hidroxilação do GA<sub>12</sub> é responsável pela formação do GA<sub>53</sub> que também ocorre no retículo endoplasmático. No citossol acontece a última etapa e compreende a formação das demais giberelinas a partir do GA<sub>12</sub> e do GA<sub>53</sub> (Souza, 2007).

Na produção de mudas de espécies florestais, processos importantes como a germinação de sementes (Tabela 3) e o alongamento do caule, possuem o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) como a principal giberelina sintética (Guerra, 2004; Souto, 2008).

Adjacente ao envoltório da semente, algumas espécies podem apresentar uma camada especializada de células do endosperma,

chamada de aleurona, que devido à absorção de água, faz com que o embrião libere giberelinas, que se difundem para o interior dessas células e promovem a síntese de enzimas hidrolíticas como a α-amilase, a qual hidrolisa o amido. As enzimas produzidas pelas células da camada de aleurona digerem as reservas nutritivas acumuladas no endosperma amiláceo. Essas reservas nutritivas na forma de açúcares, aminoácidos e ácidos nucleicos são absorvidas pelo escutelo e transportadas para as regiões de crescimento do embrião (Raven, 2007; Richards et al., 2001; Leite & Hebling, 2007).

As giberelinas estão envolvidas em vários processos de desenvolvimento do corpo da planta e promovem um número de desejáveis efeitos no alongamento do caule, florescimento uniforme, redução no tempo de florescimento, incremento no número de flores e tamanho (Jaleel et al., 2007). Os hormônios giberelinas e citocininas exercem papel fundamental na germinação de sementes, assim como o ácido abscísico atua como indutor de dormência (Leonel, 1994; Aoyama et al., 1996).

Algumas espécies de giberelina atuam isoladamente na maioria das dicotiledôneas, algumas monocotiledôneas e coníferas, contudo, representantes da família Pinaceae respondem pouco ao uso do GA<sub>3</sub>, mas crescem satisfatoriamente em resposta a mistura GA<sub>4</sub>+GA<sub>7</sub> (Guerra, 2004; Scaloni et al., 2006).

As giberelinas apresentam-se importantes na superação da dormência e no controle da hidrólise de reserva (Metivier, 1986), processos dos quais dependem o embrião em crescimento em diferentes espécies: *Nothofagus obligua*, *Nothofagus procera* (Aoyama et al., 1996; Alves et al., 2000). Em alguns casos Alves et al. (2000) reporta a atuação da giberelina no processo de superação da dormência (*Bauhinia monandra* Britt. e *Bauhinia unguiculata* L.) após a escarificação das sementes.

É notório o efeito da giberelina sobre o crescimento celular, devido ao maior estímulo metabólico e consequentemente maior mobilização de reservas nutritivas e energéticas para o crescimento do eixo embrionário, além da atuação no enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião (Taiz & Zeiger, 2004), ocorre à redução do potencial hídrico na



célula, resultando na entrada de água para o seu interior e promovendo o alongamento (Arteca, 1996; Macedo et al., 2009).

O emprego de 778 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> no meio de cultura aumentou a percentagem de germinação de sementes de atemoia (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) cv 'Gefner', enquanto que a associação do GA<sub>3</sub> com 75 a 100 mg L<sup>-1</sup> de ethephon incrementou o índice de velocidade de germinação e a percentagem de plântulas normais. A atemoia é um exemplo de dicotiledônea cuja germinação é favorecida pela utilização de GA<sub>3</sub>, sendo o ácido giberélico aplicado para acelerar a germinação e assegurar a uniformidade na germinação das sementes (Oliveira et al., 2010).

O uso de 50 a 100 ppm de GA na superação da dormência de sementes de Atemoia, 'Gefner', 'PR-3', 'PR-1' não resultou em diferenças significativas. Este tratamento proporcionou entre 55 e 67% de germinação para as primeiras cultivares e 35 a 36% para a última, contudo em fruta-do-conde a concentração de 50 ppm de GA<sub>3</sub> alcançou 75% de germinação (Stenzel et al., 2003).

A aplicação de 250 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico, por 5 horas, em sementes de *Annona squamosa* resultou em 77% das sementes germinadas e elevado índice de velocidade de germinação (Ferreira et al., 2002). A aplicação de 50 mg L<sup>-1</sup> germinou somente 58% das sementes testadas (Stenzel et al., 2003).

Sementes de *Gmelina arborea* tratadas em solução de ácido giberélico (100 ml L<sup>-1</sup>) durante um dia e sementes de *Adenanthera pavonina* em ácido sulfúrico a 70% por 10 minutos e posteriormente tratadas com 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico apresentaram boa porcentagem de germinação (Floriano, 2004).

A concentração de 0,5 mg L<sup>-1</sup> dos reguladores de crescimento, KIN e GA<sub>3</sub>, estimulou a germinação das sementes da espécie caixeta *Didymopanax morototoni* (Franco & Ferreira, 2002). A aplicação de 345 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> em sementes de pequi sem endocarpo, embebidas por 24 horas, proporcionou 30,8% de emergência de plântulas (Bernardes et al., 2008).

Os hormônios (principalmente citocininas e giberelinas) sintetizados em regiões meristemáticas das raízes são transportados para as partes aéreas, onde estimulam o crescimento e o desenvolvimento sendo que o ácido giberélico é aplicado para acelerar a germinação de sementes e assegurar a uniformidade na

germinação. O Promalin é um conhecido bioestimulante, formado pela mistura de dois outros fitoreguladores naturais, a citocinina BA (6-Benziladenina) e as giberelinas GA4 e GA7, para Valent Biosciences (2003) e Dabul & Ayub (2006), essa junção promove o aumento da divisão e alongamento celular, propiciando elevada produção com diâmetros de frutos maiores e maior produção por planta.

**Tabela 3.** Reguladores vegetais usados na germinação de sementes de espécies florestais.

| Autor                                  | Regulador             | Espécie florestal                                       | [mg L <sup>-1</sup> ]  | Efeito                       |
|----------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Alves et al. (2000)                    | -                     | <i>Bauhinia monandra</i><br><i>Bauhinia unguiculata</i> | -                      | germinação<br>escarificação  |
| Arteca (1996);<br>Macedo et al. (2009) | -                     | <i>Magonia pubescens</i>                                | -                      | baixa emergência<br>sementes |
| Oliveira et al. (2010)                 | GA <sub>3</sub>       | Atemoia "Gefner"                                        | 778                    | germinação                   |
|                                        | GA                    | Atemoia "Gefner"<br>"PR-3"                              | 50 ou 100              | germinação                   |
| Stenzel et al. (2003)                  | GA                    | "PR-1"                                                  |                        | baixa germinação             |
| Stenzel et al. (2003)                  | GA <sub>3</sub>       | <i>Annona squamosa</i>                                  | 50                     | germinação                   |
| Ferreira et al. (2002)                 | GA <sub>3</sub>       | <i>Annona squamosa</i>                                  | 250                    | germinação                   |
| Floriano (2004)                        | GA <sub>3</sub>       | <i>Gmelina arborea</i>                                  | 100 ml L <sup>-1</sup> | germinação                   |
| Floriano (2004)                        | GA <sub>3</sub>       | <i>Adenanthera pavonina</i>                             | 100                    | germinação                   |
| Franco & Ferreira (2002)               | KIN e GA <sub>3</sub> | <i>Didymopanax morototoni</i>                           | 0,5                    | germinação                   |
| Bernardes et al. (2008)                | GA <sub>3</sub>       | <i>Caryocar brasiliense</i>                             | 345                    | germinação                   |

## CONCLUSÃO

A aplicação dos reguladores de crescimento na produção de mudas favorece o crescimento e o desenvolvimento de diversas espécies consideradas de difícil enraizamento em um menor período de tempo. Dentre todos os reguladores os mais utilizados pertencem à classe das auxinas, destacando-se o AIB que promove a divisão e o alongamento celular ocasionando o enraizamento em estacas de plantas. Remontou-se a dormência como processo limitador da germinação e uso das giberelinas, como promotor da ativação de enzimas de degradação de reservas. Dentre as citocininas, a BAP, foi a mais usada principalmente para promover a multiplicação celular em espécies lenhosas resultando na indução das gemas adventícias no cultivo *in vitro*.

A propagação vegetativa é uma alternativa viável na produção de mudas de espécies que produzem poucas sementes ou sementes inviáveis ou dormentes. Para tanto, quesitos como a época de coleta das estacas

e condição sanitária da planta matriz devem ser considerados, além do teste efetivo de diferentes concentrações dos reguladores para cada espécie, já que para uma mesma espécie existiu variabilidade da ação hormonal.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, G.B.; FORTES RIBAS, L.L.; HIGA, A.R.; ZUFFELLATO RIBAS, K.C. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de minestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.36, n.78, p.151-156, 2008.
- ALMEIDA, F.D.; XAVIER, A.; DIAS, J.M.M.; PAIVA, H.N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloezina* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.455-463, 2007.
- ALVARENGA, L.R.; CARVALHO, V.D. de. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas de frutíferas. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 101, p. 47-55, 1983.
- ALVES, M.C.S.; MEDEIROS FILHO, S.; ANDRADE-NETO, M.; TEÓFILO, E.M.T. Superação da dormência em sementes de *Bauhinia monandra* Britt. e *Bauhinia unguolata* L. – Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.2, p.139-144, 2000.
- AOYAMA, E.M.; ONO, E.O.; FURLAN, M.R. Estudo da germinação de sementes de *Lavanda angustifolia* Miller. **Science Agriculture**, Piracicaba, v.53, n.2-3, p.267-272, 1996.
- ARTECA, R.D. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman and Hall, 1996. 332p.
- ASSIS, T.F.; ROSA, O.P.; GONÇALVES, S.I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. p.824-836.
- BERNARDES, T.G.; NAVES, R.V.; REZENDE, C.F.A.; BORGES, J.D.; CHAVES, L.J. Propagação sexuada do Pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.) estimulada por ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.2, p.71-77, 2008.
- BERNIER, G.; HAVELANGE, A.; HOUSSA, C.; PETITJEAN, A.; LEJEUNE, P. Physiological signals that induce flowering. **Plant Cell**, v.5, p.1147-1155, 1993.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. Berlin e New York: Springer Verlag, 1985, 367p.
- BIASI, L.A. Emprego do estiolamento na propagação de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.2, p.309- 315, 1996.
- BLAKESLEY, D. Auxin metabolism and adventitious root formation. In: DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E. (eds) **The biology of adventitious root formation**. Plenum Press, New York, p.143-153, 1994.
- BRONDANI, G.E.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; HORNIG, J. Estabelecimento, multiplicação e alongamento *in vitro* de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p.11-19, 2009.
- CHE, P.; LALL, S.; NETTLETON, D.; HOWELL, S.H. Gene expression programs during shoot, root, and callus development in *Arabidopsis* tissue culture. **Plant Physiology**, v.141, p.620-637, 2006.
- CHENG, Z.J.; WANG, L.; SUN, W.; ZHANG, Y.; ZHOU, C.; HUA SU, Y.; LI, W.; SUN, T.T.; ZHAO, X.Y.; GUO LI, X.; CHENG, Y.; ZHAO, Y.; XIE, Q.; ZHANG, X.S. Pattern of auxin and cytokinin responses for shoot meristem induction results from the regulation of cytokinin biosynthesis by auxin response factor. **Plant Physiology**, v.161, p.240-251, 2013.
- CHUNG, D.Y.; LEE, K.J. Effects of clones, ortet age, crown position, and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, v.83, n.2, p.205-210, 1994.
- CORDEIRO, I.M.C.C.; LAMEIRA, O.A.; OHASHI, S.T.; ROSAL, L.F. Efeito de BAP sobre a proliferação de brotos *in vitro* de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke

(Paricá). **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.118-124, 2004.

CUNHA, A.C.M.C.M.; IVAR, W.; SOUZA JUNIOR, L. **Influência da concentração do regulador de crescimento para enraizamento AIB na formação de mudas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax por estaquia**. In: BOLETIM DE PESQUISA FLORESTAL. Colombo, 2004. p.17-29.

DABUL, A.N.; AYUB, R.A. Efeito da promalina (6BA+GA4+7) no crescimento e no desenvolvimento de frutos de macieira (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.2, p.199-204, 2006.

DIAS, R.M.S.L.; FRANCO, E.T.H.; DIAS, C.A. Enraizamento de estacas de diferentes diâmetros em *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.2, p.127-136, 1999.

FACHINELLO, J. C., HOFFMAN, A., NACHTIGAL, J.C., KERSTEN, E., FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1994, 179 p.

FERREIRA, G.; ERIG, P.R.; MORO, E. Uso de ácido giberélico em sementes de fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) visando à produção de mudas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.178-182, 2002.

FERREIRA, B.G.A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; CARPANEZZI, A.A.; TAVARES, F.R.; KOEHLER, H.S. Metodologias de aplicação de AIB no enraizamento de estacas semilenhosas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.11, n.2, p.196-201, 2009.

FERREIRA, B.G.A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H.S.; NOGUEIRA, A.C. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.1, p.19-31, 2010.

FLORIANO, E.P. Germinação e dormência de sementes florestais. **Caderno Didático**, Santa Rosa, v.2, n.1, 19p, 2004.

FRANCO, E.T.H.; FERREIRA, A.G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dcne. et Planch. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.1-10, 2002.

GARCIA, A.S.; BRANQUINHO, E.G.A.; MENUCHI, A.C.T.P.; ERLACHER, K.C.; DOMINGUES, M.C.S. Efeito de reguladores vegetais na germinação e desenvolvimento da semente *Strelitzia reginae*. **Thesis**, São Paulo, v.5, p.161-176, 2006.

GEORGE, E.F.; HALL, M.A.; DE KLERK, G.J. **Plant propagation by tissue culture**. Springer, The Netherlands ed.3, p.104-204, 2008.

GIRIJASHANKAR, V. *In vitro* regeneration of *Eucalyptus camaldulensis*. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.18, n.1, p.79-87, 2012.

GRAÇA, M.E.C.; KALIL FILHO, N.A.; MEDEIROS, A.C.S.; TAVARES, F.R. Efeitos das citocininas Benzilaminopurina e Thidiazuron, na multiplicação "in vitro" de brotações de *Eucalyptus dunnii* Maid. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.43, p.107-112, 2001.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPB, 1998. p.183-260.

GUERRA, M.P. Giberelinas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

HALL, R.H. Cytokinins as a probe of developmental processes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.415-44, 1975.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Propagación de plantas**. México: C.E.C., 1978. 810p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES, F.T.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant**

**propagation: principles and practices.** New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HOWARD, B.H. Relations between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. **Journal of Horticulture Science**, v.71, p.591-605, 1996.

HU, C.Y.; WANG, P.J. **Meristem, shoot tip and bud culture.** New York: Macmillan, 1983. 177p..

JALEEL, C.A.; GOPI, R.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; PANNEERSELVAM, R. Antioxidant potentials and ajmalicine accumulation in *Catharanthus roseus* after treatment with giberellic acid. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.60, p.195–200, 2007.

JONES, N.B.; VAN STADEN, J. Micropropagation of Eucalyptus. In: BAJAJ, Y.P.S. (ed) **Biotechnology in agriculture and forestry, high-tech and micropropagation.** Springer, Berlin, v.39, p.286–329, 1997.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M.E.; WILLIAMS, R.R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell: 2 – seasonal influences of temperature rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, v.102, p.343-358, 2004.

KLERK, G.J.; VAN DER KRIEKEN, W.; JONG, J. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.35, p.189–199, 1999.

KLERK, G.J.; HANCAKOVA, J.; JASIK, J. The role of cytokinins in rooting of stem slices cut from apple microcuttings. **Plant Biosystem**, v.135, p.79-84, 2001.

KONG, L.; ADERKAS, P.V.; OWEN, S.J.; JAQUISH, B.; WOODS, J.; ABRAMS, S.R. Effects of stem girdling on cone yield and endogenous phytohormones and metabolites in developing long shoots of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). **New Forest**, v.43, p.491-503, 2012.

KOZGAR, M.I.; SHAHZAD, A. An improved protocol for micropropagation of teak tree (*Tectona grandis* L.). **Rend. Fis. Acc. Lincei**, v.23, p.195–202, 2012.

LAMEIRA, O.A.; PEREIRA PINTO, J.E.B.; CARDOSO, M.G.; GAVILANES, M.L. Efeito de thidiazuron na indução e manutenção de calos de erva-baleeira (*Cardia verbenacea* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.47-49, 1997.

LARCHER W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.

LEITE, V.C.A.; HEBLING, A.S. Efeito do ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e da luz na germinação *in vitro* de sementes de *Cattleya warnerii* T. Moore. **Natureza on line**, v.5, n.2, p.55-62, 2007.

LEITZKE LN; DAMIANI CR; SCHUCH MW. Influência do meio de cultura, tipo e concentração de citocininas na multiplicação *in vitro* de amoreira-preta e framboeseira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.352-360, 2010.

LEONEL, S. VARASQUIM, L.T.; RODRIGUES, J.D.; CEREDA, E. Enraizamento de estacas de acerola (*Malpighia glabra*, Linn.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.13, n.3, p.213-217, 1991.

LEONEL, S. **Efeitos de fitorreguladores e do nitrato de potássio, na germinação de sementes e no crescimento do porta-enxerto de limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck).** 1994. 144f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

LLOYD, G.; McCOWN, B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. **Combined Proceedings International Plant Propagators Society**, v.30, p.421-427, 1980.

MACEDO, M.C.; SCALON, S.P.Q.; SARI, A.P.; SCALON FILHO, H.; ROSA, Y.B.C.J.; ROBAINA, A.D. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST.Hil (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.202-211, 2009.

MERCIER, H. Auxinas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

MESÉM, F. **Enraizamiento de estacas juveniles de espécies forestales**: uso de propagadores de subirrigación. Turrialba: CATIE, 1997. 34 p.

METIVIER, J.R. Citocininas e giberelinas. In: FERRI MG. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, v.2, n.2, p.93-162, 1986.

MILLÁN-OROZCO, L.; CORREDOIRA, E.; SAN JOSÉ, M.D.C. *In vitro* rhizogenesis: histoanatomy of *Cedrela odorata* (Meliaceae) microcuttings. **Revista Biologia Tropical**, v.59, n.1, p.447-453, 2011.

MOUBAYIDIN, L.; DI MAMBRO, R.; SABATINI, S. Cytokinin-auxin crosstalk. **Trends Plant. Sci.** n.14, p.557-562, 2009.

MOURA, L.C.; TITON, M.; FERNANDES, J.S.C.; SANTANA, R.C.; OLIVEIRA, M.L.R. Micropropagação de Sucupira-preta por meio de gemas axilares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.12, p.1691-1698, 2012.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v.15, p.473-497, 1962.

NAKHOODA, M.; WATT, M.P.; MYCOCK, D. Auxin stability and accumulation during *in vitro* shoot morphogenesis influences subsequent root induction and development in *Eucalyptus grandis*. **Plant Growth Regulation**, v.65, p.263-271, 2011.

NAKHOODA, M.; WATT, M.P.; MYCOCK, D. The properties and interaction of auxins and cytokinins influence rooting of shoot cultures of *Eucalyptus*. **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.100, p.16568-16578, 2012.

NAUTIYAL, S.; SINGH, U.; GURUMURTHI, K. Rooting response of branch cuttings of teak (*Tectona grandis*) as influenced by season and growth hormones. **Indian Forester**, n.118, p.112-121, 1992.

NÉMETH, G. Induction of rooting. In: BAJAJ, Y.P.S. (Ed.), **Biotechnology in Agriculture and Forestry**. I. Trees. Springer, Berlin, p 49-64, 1986.

OLIVEIRA, M.C.; FERREIRA, G.; GUIMARÃES, V.F.; DIAS, G.B. Germinação de sementes de atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) cv 'Gefner' submetidas a tratamentos com ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e Ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.544-554, 2010.

ONO, E.O.A.; RODRIGES, J.D.; PINHO, S.Z. Ação de auxinas e/ou boro, no processo de formação de raízes em estacas de café (*Coffea arabica* L. CV. "Mundo Novo"). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.37, n.1, p.157-66, 1994.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 40 p.

PEREIRA, M.M.; NETO, A.J.M.; COSTA, E.R.; SANTOS, F.P.; SOUZA, F.P. Influência do Tratamento de Sementes com Fitormônio sobre o Desenvolvimento de Plântulas de Sorgo (*Sorghum bicolor* L.). In: **Anais... XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo 2010**. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo; 2010. p.3646-3651.

PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. Citocininas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

QUIALA, E.; CAÑAL, M.J.; MEIJÓN, M.; RODRIGUEZ, R.; CHÁVEZ, M.; VALLEDOR, L.; FERIA, M.; BARBÓN, R. Morphological and physiological responses of proliferating shoots of teak to temporary immersion and BA treatments. **Plant Cell Tiss Organ Cult** 2011. 12p.

RAVEN, E.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara: Koogan; 2007.

RICHARDS, D.E.; KING, K.E.; AIT-ALI, T.; HARBERD, N.P. How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic of gibberellin signaling. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.67-88, 2001.

ROLLI, E.; INCERTI, M.; BRUNONI, F.; VICINI, P.; RICCI, A. Structure activity relationships of N-phenyl-N'-benzothiazol-6-ylurea synthetic derivatives: Cytokinin-like

activity and adventitious rooting enhancement. **Phytochemistry**, v.74, p.159-165, 2012.

RUEDELL, C.M.; ALMEIDA, M.R.; SCHWAMBACH, J.; POSENATO, C.F.; FETTNETO, A.G. 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**, v.69, p. 235–245, 2013.

SAVIDGE, R.A.; WAREING, P.F. Seasonal cambial activity and xylem development in *Pinus contorta* in relation to endogenous indol 3-ylacetic and (S)-abscisic acid levels. **Canadian Journal of Forest Research**, v.14, p.676–682, 1984.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; GOMES, A.A.; SILVA, K.A.; WATHIER, F.; SCALON FILHO, H. Germinação e crescimento inicial da muda de Orelha-de-macaco (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong): efeito de tratamentos químicos e luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.529-536, 2006.

SHEPLEY, S.; CHEN, C.; CHANG, J.L.L. Does gibberellic acid stimulates seed germination via amylase synthesis. **Plant Physiology**, v.49, p.441–442, 1972.

SOARES, F.P.; PAIVA, R.; ALVARENGA, A.A.; NERY, F.C.; VARGAS, D.P.; SILVA, D.R.G. Taxa de multiplicação e efeito residual de diferentes fontes de citocinina no cultivo *in vitro* de *Hancornia speciosa* Gomes. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.1, p.152-157, 2011.

SOUTO, N.F.C. **Cultivo *in vitro* e atividades de enzimas envolvidas na oxidação de estacas de *Tapeinochilos ananassae* (Hassk). K. Schum.** 2008. Dissertação Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOUZA, F.S. **Ação de reguladores de crescimento no algodoeiro em função da ocorrência de chuvas, temperatura e adjuvante.** 2007. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

STENZEL, N.M.C.; MURATA, I.M.; NEVES, C.S.V.J. Superação da dormência em sementes de Atemóia e Fruta-do-conde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.2, p.305-308, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed. 2004. 722p.

TCHOUNDJEU, Z.; AVANA, M.L.; LEAKEY, R.R.B.; SIMONS, A.J.; ASAAH, E.; DUGUMA, B.; BELL, J.M. Vegetative propagation of *Prunus africana*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. **Agroforestry Systems**, n.54, p.183-192, 2002.

VALENT BIOSCIENCES. **Promalina é um fitorregulador.** Disponível em: <<http://www.valentbiosciences.com>>. Acesso em: 20 fev. 2003.

VIEIRA, D.P. **Efeitos do ácido indolbutírico (AIB) e cinetina no enraizamento de estacas em *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn., *Xylopia brasiliensis* Spreng. e *Ocotea catharinensis* Mez.** 2011. 45f. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

VIETEN, A.; SAUER, M.; BREWER, P.B.; FRIML, J. Molecular and cellular aspects of auxin-transport-mediated development. **Trends in Plant Science**, v.12, p.160–168, 2007.

WILSON, P.J. The concept of a limiting rooting morphogen in Woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, v.9, n.4, p.391-400, 1994.

XAVIER, A.; SANTOS, G.A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M.L. Propagação vegetativa de Cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.139-143, 2003.

★★★★★