

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

PROPAGAÇÃO DE *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch

Márcio Alberto Hilgert
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2019

CIP - Catalogação na Publicação

Hilgert, Márcio Alberto
PROPAGAÇÃO DE *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch
/ Márcio Alberto Hilgert. -- 2019.
92 f.
Orientadora: Marília Lazarotto.

Coorientador: Paulo Vitor Dutra de Souza.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Enraizamento. 2. Nogueira-pecã. 3. Propagação vegetativa. 4. Variabilidade. I. Lazarotto, Marília, orient. II. Souza, Paulo Vitor Dutra de, coorient. III. Título.

MÁRCIO ALBERTO HILGERT
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 25.02.2019
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 28.05.2019
Por

MARÍLIA LAZAROTTO
Orientadora - PPG Fitotecnia
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Coorientador - PPG Fitotecnia
UFRGS

GILMAR SCHAFFER
PPG Fitotecnia/UFRGS

SERGIO FRANCISCO SCHWARZ
PPG Fitotecnia/UFRGS

CARLOS ROBERTO MARTINS
EMBRAPA Clima Temperado
Pelotas/RS

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir a obtenção dessa conquista e pela realização de cada sonho.

Aos meus pais Mauri Alberto Hilgert (*in memoriam*) e Maria Bernadete Gewehr Hilgert, meu irmão Marcelo Alberto Hilgert, por todo apoio e carinho e agora juntos alcançarmos esta conquista. Aos demais familiares também agradeço pela torcida.

A professora Marília Lazarotto por toda orientação e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao professor Paulo Vitor Dutra de Souza por todo apoio e sugestões durante a execução do trabalho.

Aos professores do Departamento de Horticultura e Silvicultura pelos ótimos momentos de convivência, ensinamentos e cooperação.

Aos colegas da pós-graduação e aos alunos de iniciação científica por toda ajuda, convívio e contribuição durante o trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, ao Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia, e aos técnicos-administrativos, pela oportunidade e todo suporte oferecido para a realização desse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro durante a realização deste trabalho.

E a todas as pessoas que de forma direta ou indireta também contribuíram para obtenção dessa conquista.

PROPAGAÇÃO DE *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch ¹

Autor: Márcio Alberto Hilgert

Orientador: Marília Lazarotto

Coorientador: Paulo Vitor Dutra de Souza

RESUMO

Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch é uma espécie frutífera caducifolia pertencente à família Juglandaceae, conhecida pelo nome popular de noqueira-pecã. Atualmente, a produção de mudas é realizada por meio do uso de sementes para produção dos porta-enxertos e posteriormente é realizada a enxertia da cultivar desejada. Desta forma, um dos principais problemas da produção em viveiros está atrelado à dificuldade de homogeneização da germinação de sementes e variabilidade dos porta-enxertos. Portanto, objetivou-se neste estudo aferir o efeito da luminosidade e temperatura para teste de germinação de sementes de noqueira-pecã, e a possibilidade da propagação vegetativa pela técnica da estaquia, a partir da influência da época de coleta e doses de ácido indolbutírico (AIB) em estacas coletadas de plantas adultas com 38 anos de idade, assim como substrato e doses de AIB em estacas de plantas juvenis, produzidas em vasos, com oito meses de idade. Para o teste de germinação, as sementes foram incubadas em regimes de ausência de luz, luz contínua e luz alternada de 12 horas, com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Na propagação por estaquia, os experimentos foram conduzidos em estufa agrícola com nebulização intermitente. Estacas coletadas de plantas adultas foram submetidas a diferentes doses de AIB: 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L⁻¹; e épocas de coleta: primavera, verão, outono e inverno. Para a estaquia de material propagativo oriundo de plantas juvenis, as estacas também foram submetidas às mesmas doses de AIB e três substratos: casca de arroz carbonizada, vermiculita e perlita. Para o teste de germinação a temperatura de 30°C em ausência de luz proporcionou resultados superiores para emissão de radícula, no entanto obtendo a maior quantidade de plântulas anormais (85%). Resultado superior para plântulas normais (62,5%) foi alcançado com a temperatura de 25°C em ausência de luz. Para propagação de noqueira-pecã por estaquia com o uso de material propagativo oriundo de plantas adultas, o melhor resultado foi obtido com estacas coletadas durante o verão, com aumento linear de estacas enraizadas até a dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB (30%). Em relação ao enraizamento de estacas juvenis, resultado superior foi alcançado com a utilização do substrato casca de arroz carbonizada em conjunto com a dose ótima próxima de 4.000 mg L⁻¹ de AIB (91%). Os resultados demonstram a possibilidade de propagação de *C. illinoensis* pela técnica da estaquia, sendo uma alternativa de propagação da espécie.

Palavras-chave: enraizamento; noqueira-pecã; propagação vegetativa; variabilidade.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (92 f.) Fevereiro, 2019.

PROPAGATION OF *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch ¹

Author: Márcio Alberto Hilgert
Adviser: Marília Lazarotto
Co adviser: Paulo Vitor Dutra de Souza

ABSTRACT

Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch is a deciduous fruitful species belonging to the Juglandaceae family, known by the popular name of pecan nut. Currently, the production of seedlings is executed through the use of seeds for the production of rootstocks and afterwards the grafting of the desired cultivar. In this way, one of the main problems of nursery production is related to the difficulty of homogenizing seed germination and the variability of rootstocks. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of luminosity and temperature on the germination test of pecan seeds and the possibility of vegetative propagation by cutting technique, by means of the influence of the collection period and doses indolebutyric acid (IBA) on cuttings collected of adult plants at 38 years of age, as well as substrate and doses of IBA in juvenile plants with eight month old, produced in pots. For the germination test, the seeds were incubated at regimes of no light, continuous light and alternating light of 12 hours, with temperatures of 20°C, 25°C, 30°C and alternating 12 hours at 15°C and 12 hours at 25°C. In the propagation by cutting, the experiment was conducted in vegetation house with intermittent nebulization. Cuttings collected from adult plants were submitted to different doses of IBA: 0, 2,000, 4,000, 6,000 and 8,000 mg L⁻¹; and collection times: spring, summer, autumn and winter. For cuttings of propagated material from juvenile plants, the cuttings were also submitted to the same doses of IBA and three substrates: carbonized rice husk, vermiculite and perlite. For the germination test the temperature of 30°C in the absence of light obtained the higher results for emission of radicle, however obtaining the largest amount of abnormal seedlings (85%). The high result for normal seedlings (62.5%) was reached with a temperature of 25°C and no light. For propagation of pecan by cutting with the use of propagating material from adult plants, the best result was obtained with cuttings collected during the summer with linear increase of rooted cuttings up to the dose of 8,000 mg L⁻¹ of IBA (30 %). Regarding rooting of juvenile cuttings, the high result was achieved with the use of the carbonized rice husk substrate in conjunction with the optimum dose of approximately 4,000 mg L⁻¹ of IBA (91%). The results show the possibility of propagation of *C. illinoensis* by the cutting technique, being an alternative of propagation of the specie

Keywords: rooting; pecan nut; vegetative propagation; variability.

¹ Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (92 p.) February, 2019.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 A espécie <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) C. Koch	5
2.2 Qualidade de sementes na germinação.....	8
2.3 Propagação por estaquia de espécies lenhosas	11
2.4 Reguladores de crescimento na propagação por estaquia	13
2.5 Substratos na propagação por estaquia.....	15
2.6 Referências bibliográficas	18
3 CAPÍTULO 1 - Luminosidade e temperatura na germinação de sementes de <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) C. Koch	23
3.1 Introdução.....	24
3.2 Material e métodos	27
3.3 Resultados e discussão	31
3.4 Conclusões	39
3.5 Referências bibliográficas	39
4 CAPÍTULO 2 - Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de plantas adultas de <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) C. Koch após poda de rejuvenescimento	42
4.1 Introdução.....	43
4.2 Material e métodos	45
4.3 Resultados e discussão	49
4.4 Conclusões	57
4.5 Referências bibliográficas	58
5 CAPÍTULO 3 - Substratos e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de plantas juvenis de <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) C. Koch.....	61
5.1 Introdução.....	62
5.2 Material e métodos	65
5.3 Resultados e discussão	69
5.4 Conclusão	77
5.5 Referências bibliográficas	77
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
7 APÊNDICES	82

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 1

1. Emissão de radícula (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. illinoensis* em regimes de luminosidade de ausência de luz, luz alternada de 12 horas e luz contínua em conjunto com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Porto Alegre, 2018..... 34
2. Plântulas normais (%), plântulas anormais (%), sementes duras (%) e mortas (%) de *C. illinoensis* em regimes de luminosidade de ausência de luz, luz alternada de 12 horas e luz contínua em conjunto com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Porto Alegre, 2018..... 36
3. Comprimento médio de raízes (mm/plântula) e comprimento médio de parte aérea (mm/plântula) de plântulas de *C. illinoensis* em regimes de luminosidade de ausência de luz, luz alternada de 12 horas e luz contínua em conjunto com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Porto Alegre, 2018..... 38

CAPÍTULO 2

1. Idade aproximada de estacas após a brotação (dias), datas de instalação e avaliação do experimento época de coleta e ácido indolbutírico no resgate de plantas matrizes adultas de *C. illinoensis* (Wangenh) C. Koch para estaquia. Porto Alegre, 2018..... 47
2. Estacas vivas (%), retenção foliar (%) e brotação (%) de estacas de *C. illinoensis* coletadas em diferentes épocas do ano. Porto Alegre, 2018..... 56

CAPÍTULO 3

1. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), espaço de aeração (EA) e capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água (CRA 10) de três substratos utilizados na estaquia de *C. illinoensis*. Porto Alegre, 2018..... 75

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 1

1. Curva de embebição de sementes escarificadas e não escarificadas de *C. illinoensis*. Porto Alegre, 2018..... 32

CAPÍTULO 2

1. Pomar de *C. illinoensis* da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fonte: Google Maps, 2018..... 46
2. Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa agrícola com nebulização intermitente no período de dezembro de 2017 a outubro de 2018. Porto Alegre, 2018..... 48
3. Formação de calo (A) e enraizamento (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e épocas de coleta. Porto Alegre, 2018..... 50
4. Número médio de raízes (A) e comprimento médio de raízes (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e épocas de coleta. Porto Alegre, 2018..... 52
5. Enraizamento com o uso da dose 2.000 mg L⁻¹ (A), 4.000 mg L⁻¹ (B), 6.000 mg L⁻¹ (C) e 8.000 mg L⁻¹ (D) de AIB em estacas de *C. illinoensis* coletadas no verão. Porto Alegre, 2018..... 53
6. Média de massa fresca (A) e massa seca (B) de raízes de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e épocas de coleta. Porto Alegre, 2018..... 55

CAPÍTULO 3

1. Médias semanais de temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa agrícola com nebulização intermitente no período de 22 de fevereiro a 14 de maio de 2018. Porto Alegre, 2018..... 68
2. Formação de calo (A) e enraizamento (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e substratos. (CAC = Casca de Arroz Carbonizada). Porto Alegre, 2018..... 70

3. Necrose na extremidade basal com o uso da dose de 8.000 mg L⁻¹ AIB (A) e enraizamento com o uso da dose de 4.000 mg L⁻¹ (B) de estacas de *C. illinoensis* em substrato casca de arroz carbonizada. Porto Alegre, 2018..... 72
4. Número médio de raízes (A) e comprimento médio das três maiores raízes (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e substratos. (CAC: Casca de Arroz Carbonizada). Porto Alegre, 2018..... 73
5. Média de massa fresca (A) e massa seca (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e substratos. (CAC: Casca de Arroz Carbonizada). Porto Alegre, 2018..... 74

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura e a silvicultura estão entre as principais áreas do setor agropecuário desenvolvidas no Brasil. Estes setores são desenvolvidos por pequenos, médios e grandes produtores rurais, os quais desenvolvem as atividades dentro de uma elevada diversidade de solos e climas para estes cultivos. Dentro deste contexto de diversidade de situações e com grande potencial para as atividades agrícolas, o país possui destaque como produtor mundial de frutas, ocupando a terceira posição neste ranking no ano de 2015, favorecendo assim, várias atividades dos diferentes setores do agronegócio brasileiro (SEBRAE, 2016).

O país destaca-se também na pesquisa com espécies frutíferas e florestais, entretanto, estas se restringem a culturas com maiores mercados estabelecidos, bem como área de cultivo como *Citrus sinensis* (laranjeira), *Malus domestica* (macieira), *Vitis* spp. (videira), *Eucalyptus* spp. (eucalipto). Deste modo, espécies exóticas e nativas com grande potencial de expansão de áreas de cultivo e de mercado ainda possuem lacunas de conhecimento relacionadas à produção de mudas e sistemas de cultivo, as quais, se pesquisadas e divulgadas, poderiam favorecer o cenário do agronegócio e diversificar a produção.

Dentre as espécies cultivadas no Brasil que possuem importante potencial de expansão de área e mercado, encontra-se a espécie *C. illinoensis*, a qual é nativa da América do Norte, tendo sido difundida para diversos países do mundo (Willians, 2013) e conhecida popularmente como noqueira-pecã. É uma espécie decídua, com folhas compostas e com porte de até 25 m de altura para plantas oriundas de sementes (Lorenzi *et al.*, 2006).

A principal finalidade do cultivo de noqueira-pecã consiste na produção de nozes para consumo in natura e processado. A composição de 100g de noz-pecã consiste em óleo (71,9%), proteínas (9,1%), carboidratos (13,9%), água (3,5%), cinzas (1,5%) e minerais (Janick & Paull, 2008). Além das nozes, há possibilidade da utilização da madeira da noqueira-pecã, devido às suas propriedades tecnológicas para a indústria moveleira.

Segundo Vendrame & Wetzstein (2005), nos Estados Unidos, devido ao grande valor econômico da noz-pecã, são realizados estudos com a espécie, visando o desenvolvimento de cultivares, materiais resistentes às principais doenças e melhoramento para aumento da proporção da parte comestível da semente. No entanto, no Brasil, somente na última década se intensificaram os estudos referentes a essa espécie arbórea e seu sistema de produção, sendo que vários aspectos referentes ao manejo dos pomares, adaptação de cultivares, bem como produção de mudas, ainda precisam ser explorados.

Em relação ao cultivo da noqueira-pecã no Brasil, a sua introdução no país se deu no ano de 1870 (Ortiz & Camargo, 2005). A área cultivada com a espécie obteve aumento a partir da criação de viveiros, com a importação de propágulos de cultivares oriundas dos Estados Unidos e também devido aos incentivos fiscais para reflorestamento, que ocorreram durante a década de 1970 (Fronza & Hamann, 2016). Atualmente, a cultura possui grande importância econômica e social, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, onde está implantada a maior parte dos pomares do Brasil.

A produção de mudas de noqueira-pecã pode ser realizada de forma sexuada, por meio do uso de sementes, ou assexuada, por meio da técnica de enxertia, entretanto ainda com o uso de porta-enxertos oriundos de sementes (Janick & Paull, 2008; Fronza *et al.*, 2015). A produção de mudas oriundas de sementes de *C. illinoensis* é dificultada devido à ocorrência de problemas de baixa germinação e desuniformidade de plantas (Dimalla & Staden, 1978). De acordo com Eachern (2010), sementes de noqueira-pecã possuem substâncias que inibem a germinação e promovem dormência. Além de problemas na

germinação, plantas oriundas de sementes possuem variabilidade genética (Fronza *et al.*, 2015), devido à polinização cruzada já que é uma espécie alógama. No entanto, sementes da espécie, apesar de apresentarem variabilidade, são empregadas amplamente na produção de mudas ou no desenvolvimento de novas cultivares por meio de programas de melhoramento genético, com a seleção e cruzamentos específicos de progenitores.

Em relação à propagação assexuada, a noqueira-pecã pode ser propagada pela técnica da enxertia (Reid, 2000), havendo variação do preço unitário de mudas no Brasil de aproximadamente R\$ 27,00 a R\$ 57,00. No entanto, os porta-enxertos possuem origem de sementes, ocorrendo segregação, que provoca diferenças entre plantas em relação à absorção de nutrientes, água, crescimento, produtividade, resistência a doenças de solo e incompatibilidade no processo de enxertia. Atualmente, no Brasil, os viveiros ainda não realizam propagação por estaquia, nem mesmo do porta-enxerto ou comercialização de mudas advindas de estaquia ou miniestaquia, e ainda não há seleção de materiais superiores para estas finalidades. Entretanto, Pijut & Moore (2002), obtiveram sucesso no enraizamento com a propagação vegetativa por estaquia de *Juglans cinerea* L., espécie pertencente à mesma família botânica da *C. illinoensis*; a partir do uso de diferentes reguladores de crescimento e épocas do ano para coleta de estacas, mencionando a possibilidade de sucesso em outras espécies da família Juglandaceae com este método de propagação.

De acordo com Zhang *et al.* (2015), o enraizamento de estacas lenhosas de noqueira-pecã é favorecido com a aplicação exógena de hormônios de crescimento e controle da temperatura do substrato. No entanto, Warren (2015) obteve resultado quase nulo no enraizamento desta, com a utilização de hormônios de crescimento. Conforme Casales *et al.* (2018), a propagação por estaquia de noqueira-pecã possui resultados variáveis, relacionados principalmente ao tempo de coleta de estacas, origem do material propagativo e fatores genéticos.

É possível constatar que há alternativas para melhorar a qualidade e a produtividade de pomares por meio de pesquisas sobre métodos na produção, seleção de porta-enxertos e propagação vegetativa completa da espécie no Brasil. No entanto, existem poucos estudos referentes aos mecanismos que melhorem a germinação de sementes de noqueira-pecã para viveiristas que ainda necessitam das sementes para produção das mudas, assim como estabelecer métodos de propagação vegetativa da espécie. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram:

- Estabelecer a temperatura e o fotoperíodo ideais para uniformizar a germinação de sementes de *C. illinoensis*;
- Verificar a possibilidade de propagação vegetativa da espécie por estaquia de materiais oriundos de plantas juvenis e de plantas em fase de produção;
- Avaliar a influência da época de coleta de estacas de plantas produtivas no processo de rizogênese de estacas da espécie;
- Verificar o efeito de doses de ácido indolbutírico (AIB) no processo de rizogênese de estacas de *C. illinoensis*;
- Avaliar composições, características físicas e químicas de substratos para a propagação vegetativa da espécie com utilização de estacas juvenis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A espécie *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch

A espécie *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch é conhecida popularmente no Brasil como noqueira-pecã, sendo uma espécie caducifólia pertencente à família botânica Juglandaceae. Sua distribuição natural ocorre em países da América do Norte, como Estados Unidos e México, sendo nativa do vale do Rio Mississippi nos Estados Unidos, onde encontra as melhores condições de desenvolvimento às margens de rios e estende-se para o leste e oeste do Kansas e Texas, também sendo encontrada na região do centro e nordeste do México (Willians, 2013).

O cultivo de noqueira-pecã é realizado, predominantemente, para a obtenção da noz que possui alto valor agregado. De acordo com Vendrame & Wetzstein (2005), além do consumo in natura, há o uso da noz para extração de óleo com a finalidade de produção de remédios, além disso, sua madeira possui uma ótima qualidade para a produção de móveis. Dentre as principais características da madeira de noqueira-pecã está a resistência ao impacto, sendo aumentada, conforme Beltrame *et al.* (2012), em condição de saturação de água em relação a umidade de equilíbrio de 12%.

Os países com maior produção de noz-pecã são Estados Unidos e México, no qual juntos corresponderam a 92% da produção mundial de 124.000 toneladas da safra de 2017/2018 (International Nut and Dried Fruit Council Foundation, 2018). No entanto, o cultivo está se difundindo significativamente para outros países, como Canadá, Austrália, África do Sul e Brasil (Vendrame & Wetzstein, 2005). A pecanicultura teve grande

expansão no Brasil, principalmente na região sul do país, com a finalidade de produção de nozes para consumo in natura ou processado (Tomazelli, 2013).

A introdução da cultura da noqueira-pecã no Brasil foi primeiramente realizada por imigrantes norte-americanos no município de Santa Barbara D' Oeste, localizado no estado de São Paulo (SP), em 1870, onde os imigrantes trouxeram em sua bagagem nozes que deram origem às primeiras plantas no país (Duarte & Ortiz, 2001). No entanto, o cultivo comercial teve início em 1929 no município de Limeira (SP), pelo viveiro Dierberger, por meio da importação de variedades norte americanas e posterior propagação via enxertia (Fronza *et al.*, 2015). No estado do Rio Grande do Sul (RS), o início da produção de mudas ocorreu no município de Anta Gorda em 1943 (Fronza *et al.*, 2015).

No Brasil, a espécie encontrou ótimas condições para seu desenvolvimento e produção de nozes principalmente na região sul do país, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul, onde se encontra a maior parte das áreas de cultivo no país (Fronza *et al.*, 2015). Durante as décadas de 1960 e 1970 ocorreu uma rápida expansão da instalação de novos pomares no RS, principalmente devido à lei 5.106/66 (Brasil, 1966), que forneceu incentivos fiscais e possibilitou a utilização de espécies exóticas no reflorestamento. Entretanto, conforme Ortiz & Camargo (2005), o cultivo da espécie teve decréscimo logo após sua introdução por falta de informações sobre a cultura e problemas de doenças ocasionadas por patógenos, especialmente por fungos. Atualmente a área cultivada com a espécie no RS é superior a 5.000 hectares (Hamann *et al.*, 2018.)

A espécie possui folhas compostas, formadas por 9 a 15 folíolos dispostos de forma imparipinada (Andersen, 2012). O tronco possui a coloração acinzentada e lisa em plantas jovens, apresentando, posteriormente, o descasamento em lascas da casca na idade adulta. O sistema radicular consiste em uma raiz pivotante, com inúmeras radicelas responsáveis pela absorção de água e nutrientes (Janick & Paull, 2008).

Em relação ao florescimento, esta espécie possui inflorescências monoico-diclina, com flores do tipo estaminadas, formadas no ciclo vegetativo do ano anterior, e pistiladas, formadas em ramos novos, dispostas separadamente na mesma planta (Janick & Paull, 2008). O florescimento ocorre a partir do início da primavera, após o período de dormência e com o aumento da temperatura. Segundo Wetzstein *et al.* (1996), as flores pistiladas são encontradas em cachos de brotações do ano, já as flores estaminadas encontram-se em longos pedúnculos com grande quantidade de pólen, denominados de amentilhos, sendo transportado principalmente pelo vento. Além disso, há a ocorrência de dicogamia, com períodos diferentes entre a receptividade do estigma da parte pistilada e a liberação do pólen dos estames na realização da polinização. Devido à existência de dicogamia, essa espécie pode ser classificada em protândrica, com a formação e a liberação do pólen antes do estigma estar receptivo, ou protogínica, quando o estigma apresenta receptividade antes da formação e liberação do pólen (Raseira, 1990). Para melhorar a produção de frutos, é necessário o planejamento antecipado de pomares com o uso de plantas protândricas e protogínicas para realização da polinização cruzada, além de melhorar a qualidade dos frutos (Janick & Paull, 2008).

Os frutos formados encontram-se alocados dentro do pericarpo. A parte externa do pericarpo apresenta a tonalidade verde escuro, formado por cachos agrupados na extremidade dos ramos do ano de produção. Segundo Fronza & Hamann (2016), cada cacho pode conter até seis nozes, sendo o início da colheita realizada no Brasil no mês de abril, estendendo-se até o final de maio.

A produção de mudas pode ser realizada com o uso de sementes ou por meio da propagação vegetativa pela técnica da enxertia. Atualmente, o cultivo da espécie *C. illinoensis* ocorre, principalmente, com a utilização de mudas propagadas vegetativamente por meio da técnica da enxertia e, assim, conservando as características da planta matriz na porção produtiva da árvore (Reid, 2000). Entretanto, o método de enxertia

apenas mantém as características da planta matriz na parte aérea da planta, devido ao fato do porta-enxerto ser obtido de sementes oriundas de polinização cruzada, gerando conseqüentemente, variabilidade genética entre plantas (Warren, 2015). Mudanças oriundas diretamente de sementes também são utilizadas na formação de pomares, porém, ocasionam problemas de falta de uniformidade e aumento do período de início de produção devido à juvenilidade das plantas. Além do método de propagação, as mudas diferenciam-se em relação ao sistema de produção em duas categorias, mudas de raiz descoberta ou em recipientes (Fronza *et al.*, 2015).

2.2 Qualidade de sementes na germinação

A utilização de sementes para propagação consiste em uma das principais formas de propagação de espécies arbóreas. Também conhecida como propagação sexuada, o uso de sementes está relacionado ao processo de meiose responsável pela variabilidade genética e união de gametas na fecundação, originando uma nova planta (Koller *et al.*, 2009). A propagação sexuada é um processo que ocorre desde vegetais primários até espécies mais evoluídas, diferenciando-se principalmente pelas estruturas do sistema reprodutivo modificado e atingindo a máxima diferenciação nas angiospermas (Marcos-Filho, 2005).

Segundo Fachinello *et al.* (2005), a propagação sexuada é o principal meio de propagação de angiospermas, apresentando alta variabilidade genética, devido a segregação e a recombinação genética entre os diferentes indivíduos. Na maior parte das espécies vegetais, as sementes possuem a função de garantir a perpetuação da espécie e a continuidade das gerações futuras, além da variabilidade gerada fornecer genes que poderão contribuir na adaptação quando houver alguma alteração do ambiente (Marcos-Filho, 2005). No entanto, de acordo com Franzon *et al.* (2010), plantas oriundas de sementes não são recomendadas para plantio de pomares comerciais, onde se desejam plantas uniformes, todavia podendo ser utilizadas como porta-enxertos. Além da produção

de porta-enxertos, a utilização de sementes possui grande importância comercial no processo de melhoramento de plantas.

A germinação de sementes compreende em um evento complexo, no qual inúmeros fatores estão envolvidos até a formação de uma plântula. Conforme Carvalho & Nakagawa (2000), a germinação consiste em um fenômeno no qual as sementes quando submetidas a condições apropriadas, retomam o crescimento do eixo embrionário que havia sido interrompido. A primeira etapa para germinação de sementes é a absorção de água, para iniciar as atividades metabólicas, em um processo chamado embebição. De acordo com Bewley *et al.* (2013), as sementes desidratadas e posteriormente submetidas ao processo de embebição apresentam respostas típicas de um padrão trifásico na absorção da água e hidratação, no qual ocorrem diferentes processos físicos e metabólicos devido ao movimento da água em cada fase. No entanto, a germinação está vinculada a todos os eventos que acontecem entre o início da embebição da semente seca e a emergência do embrião, em geral com a emissão da radícula, no qual diversos fatores estão envolvidos como disponibilidade de água e oxigênio, além de temperatura adequada (Taiz *et al.*, 2017).

Sementes de algumas espécies vegetais não germinam ou apresentam desuniformidade na germinação, mesmo quando submetidas a condições ideais para que ocorra o processo. Segundo Baskin & Baskin (2004), sementes que não germinam em um período específico de tempo, sobre condições ambientais favoráveis para a germinação são consideradas sementes dormentes. De acordo com Fowler & Bianchetti (2000), a dormência das sementes constitui em uma estratégia que traz benefícios às espécies por acarretar uma distribuição da germinação ao longo do tempo, garantindo a perpetuação da espécie. No entanto, em relação à produção de mudas, a dormência pode ser um problema devido à desuniformidade da germinação e formação de plantas.

Existem dois tipos de dormência em sementes, sendo elas a dormência primária e a dormência secundária. A dormência primária ocorre em determinadas espécies podendo variar em relação a sua intensidade, sendo uma dormência formada durante a fase da maturação e estando interligada com o processo de maturação da semente (Carvalho & Nakagawa, 2000). De acordo com Borguetti & Ferreira (2004), a dormência primária apresenta as funções de evitar a ocorrência da germinação das sementes durante a fase de maturação do fruto na planta e favorecer a germinação sincronizada das sementes ao longo do tempo. Segundo Cardoso (2009), a dormência secundária ocorre após a sua dispersão, acarretada pelas condições ambientais específicas, causando a relação direta de não ocasionar a germinação devido à dormência secundária relacionada às condições do meio operacional da semente.

Outra classificação de dormência está relacionada aos mecanismos em que a dormência é imposta em sementes. Baskin & Baskin (2004), utilizando o sistema criado por Marianna G. Nikolaeva propuseram um sistema de classificação dividindo a dormência de sementes em classes (dormência fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física e combinatória), níveis e tipos. De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000), existem mecanismos que provocam a dormência, como sistemas que impedem a entrada de água na semente, controle do eixo embrionário e sistemas que controlam o equilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras de crescimento.

A noqueira-pecã é uma espécie que possui dormência de sementes, o que ocasiona entraves na germinação da espécie (Eachern, 2010; Fronza *et al.*, 2015). Existem divergências em relação à melhor forma de superação de dormência em sementes da espécie e de como aumentar a uniformidade na germinação. Segundo Eachern (2010), a realização da imersão de sementes de noqueira-pecã em água corrente favorece a germinação. Conforme Shu-fang *et al.* (2011), a taxa de germinação de sementes de noqueira-pecã é melhorada com tratamentos de imersão de sementes em fito-hormônios e a

realização de estratificação a 5°C durante 35 dias. Todavia, Poletto *et al.* (2015), obtiveram taxa superior de germinação de sementes de *C. illinoensis* em sementes previamente submetidas ao processo de escarificação mecânica com o uso de lixa de madeira e estratificadas a 4°C durante o período de 90 dias.

2.3 Propagação por estaquia de espécies lenhosas

A propagação de espécies lenhosas pode ser realizada por meio da propagação sexuada e assexuada, com a obtenção de resultados distintos para cada método utilizado. A propagação assexuada ou vegetativa é uma alternativa de propagação de plantas, realizada por meio de mecanismos de divisão e diferenciação celular por parte da regeneração de estruturas da planta mãe, baseada nos princípios da totipotencialidade e capacidade de regeneração celular (Fachinello *et al.*, 2005). A propagação vegetativa é um método de multiplicação de plantas com a finalidade de manter as características do indivíduo fornecedor de propágulos e gerar uniformidade entre as plantas propagadas (Alfenas *et al.*, 2004).

Entre os métodos tradicionais de propagação vegetativa de diversas espécies frutíferas e florestais, estão à enxertia, a estaquia, a alporquia e a mergulhia, havendo a obtenção de diferentes resultados na propagação em virtude da espécie, estrutura a ser utilizada da planta como propágulo e a técnica de propagação.

A estaquia consiste em uma técnica realizada para obtenção de enraizamento de diferentes partes da planta, como raízes, ramos e folhas, sendo muito utilizada para a obtenção de plantios clonais de espécies florestais (Ferrari *et al.*, 2004). O uso do método da estaquia tem sido amplamente utilizado principalmente na propagação de espécies frutíferas e florestais pela facilidade de execução e obtenção de bons resultados produtivos e estabelecimento de plantas.

Segundo Fachinello *et al.* (2005), o processo de enraizamento de estacas pode ser influenciado por inúmeros fatores e suas interações, como época do ano de coleta das

estacas, concentração de fitorreguladores, presença ou ausência de folhas, idade e constituição da estaca, sanidade e estado nutricional da planta matriz. Conforme Rosa (2014), a propagação por estaca caulinar de plantas constitui no uso de um segmento do ramo com gemas apicais e laterais, sendo classificado em relação à lignificação dos tecidos em herbácea, semi-lenhosa e lenhosa, podendo, igualmente, ser classificada em relação à posição na planta em apicais, medianas e basais. Segundo Fachinello *et al.* (2005), a estaca corresponde a qualquer segmento da planta que possua ao menos uma gema e consiga formar uma planta completa.

O início do enraizamento, a partir do método de propagação vegetativa por estaquia, pode ocorrer com ou sem a formação de calo na extremidade basal da estaca. A formação de calo consiste em uma massa de células do parênquima na região do câmbio vascular em diferentes fases de lignificação, sendo influenciada principalmente por condições ambientais favoráveis (Hartmann *et al.*, 1990). Deste modo, no processo de enraizamento as células próximas ao local do corte reativam as funções meristemáticas e, posteriormente, transformando-se em primórdios radiculares (Hartmann *et al.*, 2011).

Em relação à obtenção de material propagativo, existem inúmeras técnicas que promovem a emissão de novas brotações como a poda drástica de ramos, corte raso e anelamento. Segundo Alfenas *et al.* (2004), o resgate de plantas matrizes requer o rejuvenescimento do material propagativo, obtido de brotações epicórmicas oriundas do toco após o corte raso, no entanto, em casos em que não ocorra a brotação, podem ser utilizados métodos alternativos como poda de galhos, anelamento e uso de fogo. De acordo com Borges *et al.* (2004), a rebrota oriunda de árvores de plantas adultas de *Acacia mearnsii* (acácia-negra), possibilita o uso desse material genético rejuvenescido através das técnicas de propagação vegetativa.

Segundo Baccarin (2012), a realização de cortes em árvores para emissão de material propagativo juvenil é um método muito utilizado comercialmente no gênero

Eucalyptus. De acordo com Alfenas *et al.* (2004), cortes gerados nas partes mais baixas das plantas possuem capacidade de formar brotações com características morfológicas e fisiológicas mais juvenis, conseqüentemente com maior capacidade de favorecer o processo de rizogênese.

2.4 Reguladores de crescimento na propagação por estaquia

Reguladores de crescimento são substâncias sintéticas que apresentam características e funções semelhantes às substâncias encontradas em plantas (Hinojosa, 2000). O uso de reguladores de crescimento na propagação vegetativa apresentou expansão na produção de plantas frutíferas e florestais, com o objetivo de promover o enraizamento em alguns métodos de propagação vegetativa, como cultivo *in vitro* e estaquia de espécies lenhosas.

A finalidade da utilização de alguns reguladores de crescimento consiste em melhorar o percentual de enraizamento, antecipar a fase de iniciação de formação de raízes, aumentar a quantidade de raízes formadas e gerar uniformidade de enraizamento na propagação vegetativa por estaquia (Hartmann *et al.*, 1990). Segundo Fachinello *et al.* (2005), existem diferentes grupos de fitorreguladores como auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno que podem contribuir ou inibir o processo de enraizamento.

O ácido indolil-3-acético (AIA) é a principal auxina endógena encontrada em plantas superiores que apresenta a função de regular o desenvolvimento e crescimento vegetal (Mercier, 2008). A produção de auxinas ocorre em folhas novas e gemas apicais, sendo posteriormente transcolado, através de um mecanismo de transporte polar, para a base da planta (Aguiar *et al.*, 2005). O enraizamento de estacas ocorre em decorrência do acúmulo de AIA na extremidade do corte da estaca, devido ao fato de o transporte polar de AIA de regiões como meristema apical caulinar e folhas jovens ser interrompido na região do corte; no entanto, o processo de enraizamento pode também ser favorecido com o uso

de aplicações de soluções de auxina exógenas (Mercier, 2008). O processo de enraizamento de estacas é principalmente favorecido pelo efeito da auxina na divisão celular (Naqvi, 2002).

O uso de auxinas exógenas está atrelado à variação do índice da quantidade da auxina endógena AIA, podendo haver quantidades elevadas ou mínimas deste ácido, influenciando diretamente o processo de enraizamento. De acordo com Taiz *et al.* (2017), o ácido indol-3-butírico (AIB) é um composto usado rotineiramente na horticultura para promover o enraizamento de estacas, devido o AIB se transformar rapidamente em AIA por β -oxidação, e favorecer a rizogênese na extremidade onde ocorreu o corte na planta. No entanto, segundo Paes (2002), existe um nível ideal de concentração e aplicação de auxinas, no qual abaixo desse nível não exercem atividade no enraizamento. De acordo com o mesmo autor, níveis acima podem inibir o enraizamento e danificar os tecidos do material propagativo. Deste modo, as auxinas podem desempenhar funções de favorecer ou dificultar o processo de enraizamento de estacas.

A utilização de auxinas exógenas, como o AIB, possui a principal finalidade de acelerar o enraizamento em processos de propagação vegetativa como a estaquia. As concentrações, contudo, variam em relação à época do ano e espécie a ser propagada, havendo uma faixa específica que favoreça e estimule este processo (Xavier *et al.*, 2013). Segundo Hartmann *et al.* (2011), a aplicação de AIB pode ser realizada com a imersão lenta durante horas da base estaca em contato com soluções utilizando doses baixas (inferiores a 500 mg L^{-1}) ou imersão rápida de poucos segundos em de altas doses (superiores 500 até 10.000 mg L^{-1}).

As diferentes espécies de plantas podem apresentar diferentes respostas ao tratamento de auxinas e suas doses. De acordo com Hartmann *et al.* (2011), as plantas podem ser classificadas em três grupos em relação ao enraizamento: o primeiro grupo apresenta facilidade de enraizamento e os tecidos já possuem as auxinas; o segundo grupo

corresponde às plantas que possuem co-fatores que colaboram para o enraizamento e respondem bem a aplicação de auxinas; no terceiro grupo, as plantas não enraízam ou enraízam com dificuldade, havendo pouca influência da aplicação de auxinas. A produção de substâncias que promovem ou inibem o enraizamento não é específica durante o ano, havendo flutuação da produção e concentração dessas substâncias em relação à estação do ano (Casales *et al.*, 2018).

Em relação ao material propagativo, também ocorre diferença na concentração de reguladores de crescimento em relação à idade dos propágulos utilizados na estaquia. Conforme Hartmann *et al.* (2011), na transição do material juvenil para formação de material maduro ocorrem mudanças morfológicas que ocasionam alterações no crescimento, formação de folhas, emissão de brotações e capacidade de enraizamento. Materiais de propagação jovens ou oriundos de novas brotações possuem maior potencial de enraizamento, pois à medida que há aumento da idade do material propagativo, ocorre simultaneamente o aumento de inibidores de enraizamento e a diminuição de co-fatores que estimulam a formação de raízes (Fachinello *et al.*, 2005). De acordo com Alfenas *et al.* (2004), o rejuvenescimento de plantas matrizes para obtenção de material propagativo com características juvenis pode ser obtido por técnicas de resgate de plantas matrizes como podas e anelamento.

2.5 Substratos na propagação por estaquia

O uso de diferentes substratos na propagação vegetativa por estaquia é um dos principais fatores para obtenção de resultados positivos e produção de mudas de qualidade em diversas culturas com valor econômico e ambiental. Segundo Fachinello *et al.* (2005), substrato pode ser considerado qualquer material com a função de ser utilizado como base para o desenvolvimento de uma planta, levando em consideração em sua escolha alguns aspectos como técnica para propagação, espécie, características do substrato e facilidade de aquisição do material.

O estudo prévio do substrato a ser utilizado é fundamental para sucesso do enraizamento, sendo importante o conhecimento das características químicas, físicas e biológicas do material a ser utilizado como substrato no processo de propagação (Kämpf, 2005). Os primeiros métodos de propagação utilizavam o solo como substrato, no entanto, com essa prática surgiram vários problemas relacionados a questões ambientais, propágulos de plantas daninhas e doenças que influenciam diretamente na qualidade e produtividade de mudas, além de aspectos importantes quanto às condições físicas deste material em um recipiente. Segundo Kämpf *et al.* (2006), a substituição do solo e da turfa, que anteriormente eram muito utilizados na produção de mudas, por materiais oriundos de resíduos de agroindústria, como a fibra de coco e materiais orgânicos, decompostos ou em misturas para formação de compostos, são uma alternativa viável para a produção comercial de mudas em recipientes.

O uso de diferentes substratos pode apresentar resultados distintos devido à peculiaridade de cada espécie, sendo importante realizar estudos prévios para a escolha do substrato adequado na produção comercial de plantas e evitar perdas econômicas e de material propagativo. Segundo Koller *et al.* (2009), para propagação de plantas, é importante o conhecimento de algumas características químicas relacionados ao substrato, sendo elas o pH e a condutividade elétrica. Em relação à condutividade elétrica, as plantas podem apresentar níveis diferentes de sensibilidade ao teor de sais solúveis, afetando diretamente no enraizamento e desenvolvimento de plantas. O conhecimento do pH é fundamental, principalmente, devido a sua influência direta na disponibilidade de nutrientes e na biologia de microrganismos do substrato, havendo variação destes componentes entre os diferentes tipos de substratos (Kämpf, 2000).

De acordo com Pio (2005), o substrato utilizado na propagação por estaquia é um fator chave no processo de enraizamento e possui um papel fundamental no sucesso deste mecanismo de propagação vegetativa, principalmente, em espécies lenhosas que possuem

difícil enraizamento. Conforme Hartmann *et al.* (2011), o substrato deve apresentar características físicas importantes como boa aeração e drenagem, principalmente para haver o processo de difusão de gases e fornecimento adequado de oxigênio para a base das estacas. O espaço de aeração é uma característica importante relacionada aos substratos devido estar relacionado ao fornecimento de oxigênio no processo de enraizamento, sendo indispensável para respiração das raízes e posterior desenvolvimento inicial das mudas Xavier *et al.* (2013).

Concomitantemente com o substrato a ser utilizado, está à interação com outros fatores, tal como a irrigação, que, na propagação por estaquia, é realizada principalmente por meio de nebulização intermitente, devido a este método manter a turgidez das estacas, reduzir as perdas hídricas nas estacas e favorecer a hidratação do substrato (Oliveira *et al.*, 2001). Todavia, segundo Oliveira (2002), essa forma de irrigação ocasiona um excesso de umidade, havendo assim, a necessidade de uso de substratos que apresentam baixa retenção de água e elevado espaço de aeração.

Existem inúmeros substratos que podem ser utilizados na propagação de plantas, os quais podem possuir origem orgânica ou mineral. A casca de arroz carbonizada é um substrato orgânico, sendo um subproduto do beneficiamento deste cereal, que após passar pelo processo de carbonização possui aptidão para ser usado como substrato. De acordo com Couto *et al.* (2003), a casca de arroz carbonizada possui boa drenagem de água e elevado espaço de aeração que favorecem o desenvolvimento do sistema radicular. No entanto, dependendo do processo de carbonização da casca de arroz, podem ocorrer alterações em suas características granulométricas e interferir diretamente na capacidade de drenagem do material, além de induzir efeitos negativos nas raízes das plantas (Alfenas *et al.*, 2004).

A vermiculita é um silicato de alumínio, ferro e manganês, no qual a rocha é aquecida por um minuto à temperatura de 1.000°C, deste modo aumentando o volume das

partículas de 10 a 15 vezes (Röber, 2000). Segundo Kratz (2011), a vermiculita é um material inerte, formado por camadas justapostas que possui alta capacidade de troca catiônica e retenção de água, podendo ser usada pura ou misturada com outros substratos para aumentar a aeração e porosidade de compostos formados com outros materiais.

Outro substrato mineral amplamente utilizado em propagação de plantas ou em misturas com outros substratos de origem orgânica consiste na perlita. A perlita possui origem de rochas vulcânicas do grupo da riolitas, sendo obtido do aquecimento da rocha e possuindo como principais características a elevada porosidade e capacidade de retenção de água (Melo *et al.*, 2006).

Além de substratos utilizados de forma isolada também há possibilidade de realização de misturas entre os diferentes substratos. Segundo Kämpf (2005), misturas são realizadas principalmente para alterar características físicas, como a retenção de água e aeração do substrato final que será utilizado na propagação de plantas.

2.6 Referências

AGUIAR, R.S. et al. Enraizamento de estacas semilenhosas do pessegueiro 'Okinawa' submetidas a diferentes dosagens de ácido indolbutírico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 461-466, 2005.

ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ANDERSEN, P.C. The pecan tree. **Horticultural Science Department**, Florida: University of Florida. Horticultural Science Department. 2012. 16 p. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS22900.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

BACCARIN, F.J.B. **Métodos para resgate, conservação e multiplicação em larga escala de matrizeiras de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C.C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 1-16, 2004.

BELTRAME, R. et al. Resistência ao impacto da madeira de nogueira-pecã em diferentes condições de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1583–1587, 2012.

BEWLEY, J.D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3th ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

BORGES, N. et al. Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.611-615, 2004.

BORGUETTI, F.; FERREIRA, A. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

BRASIL. Lei nº 5.106, de 2 setembro de 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 de set. de 1966. Seção 1, p.10204.

CARDOSO, V.J.M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.13, n.4, p. 619-631, 2009.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASALES, F.G; WATT, E.V.; COETZER, G.M. Propagation of pecan (*Carya illinoensis*): a review. **African Journal of Biotechnology**, Bloemfontein, v. 17, n. 18, p. 586–605, 2018.

COUTO, M.; WAMGER, J. QUEZADA, A.C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29c (*Prunus cerasifera* ehrh.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.9, n.2, p.125-128, 2003.

DIMALLA, G.G.; STADEN, J.V. Pecan nut germination: a review for the nursery industry. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.8, p.1-9, 1978.

DUARTE, V.; ORTIZ, E. R. N. Podridão de Phytophthora da amêndoa e casca da Nogueira pecan. In: LUZ, E. D. et al. **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Livraria Rural, 2001. p. 493-508.

EACHERN, G.R.M. **Pecan seed germination**. Agricultura update. Texas, jan./feb. 2010. Disponível em:
<https://aggiehorticulture.tamu.edu/newsletters/hortupdate/2010/jan_feb/PecanSeed.html>. Acesso em: 15 ago. 2018.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2005. 221 p.

FERRARI, M.P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa florestas, 2004. 22 p.

FOWLER, J.A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p.

FRANZON, R.C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J.C.S. **Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de frutíferas**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2010. 54 p.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J.J. **O cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2015. 301 p.

FRONZA, D.; HAMANN, J.J. **O cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2016. 424 p.

HAMANN, J.J. et al. **Cultivares de nogueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190468/1/DOCUMENTO-478.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D.E.; DAVIES, F.T. **Plant propagation: principles and practices**. 5th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. 647 p.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

HINOJOSA, G. F. **Auxina** In: CID, L.P.B (Ed). **Introdução aos hormônios vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2000. p. 15–53.

INTERNATIONAL NUT AND DRIED FRUIT COUNCIL FOUNDATION. **Nuts & dried fruits: statistical yearbook 2017/2018**. Disponível em: https://www.nutfruit.org/files/tech/1523960263_INC_Statistical_Yearbook_2017-2018.pdf. Acesso em: 25dez. 2018.

JANICK, J.; PAULL, R.E. **The encyclopedia of fruit and nuts**. Cambridge: Cambridge University, 2008. 954 p.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Eds). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.139-145.

KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 254 p.

KÄMPF, A.N.; TAKANE, R.J.; SIQUEIRA, P.T.V. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. 132p.

KOLLER, O.C. et al. **Citricultura: cultura de tangerineiras: tecnologia de produção, pós-colheita e industrialização**. Porto Alegre: Rígel, 2009. 400 p.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage e Mimosa scabrella Benth**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 640 p.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MELO, G.W.B.; BORTOLOZZO, A.R.; VARGAS, L. Substratos. In: ADALECID, K. et al (Eds). **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. p. 5-6.

MERCIER, H. Auxina. In: KERBAUY, G.B. (Ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.182-210.

NAQVI, S.S.M. Plant growth hormones: growth promoters and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of plant and crop physiology**. 2th. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 501-525.

OLIVEIRA, A.P. **Uso do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas semi-lenhosas e lenhosas de pessegueiro**. 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2002.

OLIVEIRA, M.C. et al. Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria. Brasília: EMBRAPA. 2001. 4 p. (Recomendação Técnica, 41), Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/566480/1/rectec41.pdf>>
Acesso em: 10 set. 2018.

ORTIZ, E.R.N.; CAMARGO, L.E.A. Doenças da Nogueira Pecan. In: KIMATI, H. et al. (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p.501-505.

PAES, E.G.B. **Enraizamento de estacas de kiwizeiro com fitorreguladores nas quatro estações do ano**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PIJUT, P.M; MOORE, M.J. Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. **Hortscience**, Alexandria, v. 37, p. 697-700, 2002. Disponível em: <https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2002/nc_2002_pijut_004.pdf>. Acesso em: 21 set. 2018.

PIO, R. et al. Substratos no enraizamento de estacas herbáceas de figueira oriundas da desbrota. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 604-609, 2005.

POLETTI, T. et al. Métodos de superação de dormência da semente de nogueira-pecã *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n.6, p.1111-1118, 2015.

RASEIRA, A. **A cultura da nogueira-pecã (*Carya illinoensis*)**. Pelotas: EMBRAPA, 1990. 3 p. (Comunicado Técnico, 63). Disponível em:
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40594/1/Digitalizar0023.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

REID, W. **Growing pecans in Missouri**. Missouri: University of Missouri, 2000. Disponível em:
<https://extensiondata.missouri.edu/pub/pdf/agguides/agroforestry/af1002.pdf?_ga=2.42697315.734935942.1544462607-140585007.1544462607>. Acesso em: 21 de jun. 2018.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Eds). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.123-138.

ROSA, G.G. **Propagação por estaquia de porta-enxertos de pessegueiro e ameixeira**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

SEBRAE. [São Paulo], 2016. 30 p. (**Cenários e projeções estratégicas**). Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e93e6e44c0b1ec9bed5f9ed186ab6b7e/\\$File/6083.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e93e6e44c0b1ec9bed5f9ed186ab6b7e/$File/6083.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

SHU-FANG, L.; et al. Treatments for germination of *Carya illinoensis* seeds. **Journal of Zhejiang A&F University**, Zhejiang, v. 3, p.444-449, 2011.

SILVA, K.N. **Propagação de potencias porta-enxertos de pessegueiro por estacas lenhosas com auxilio de AIB**. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TOMAZELLI, D. et al. Análise fitopatogênica de nozes pecan em diferentes situações de colheita. **Revista Técnico-Científica do IF-SC**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 704-705, 2013.

VENDRAME, W.; WETZSTEIN, H. *Carya illinoensis*. In: LITZ, R.E. (Ed). **Biotechnology of fruit and nut crops**. Oxfordshire: CABI, 2005. p. 298-304.

WARREN, C.J. **Evaluation of diferente propagation methods (budding, grafting and cuttings) for pecan**. 2015. 48 f. Dissertação (Master of Horticulture) - College Station, Texas A&M University, Texas, 2015.

WETZSTEIN, H.Y. et al. *Carya illinoensis* (Pecan). In: BAJAJ, Y.P.S. (Ed.). **Biotechnology in agriculture and Forestry**. Berlin: Springer-verlart, 1996. v.35, p. 50-75.

WILLIAMS, J.M. **The pecan: a history of americas native nut**. Austin: University of Texas, 2013. 192 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 279 p.

ZHANG, J.Y. et al. Auxin type, auxin concentration, and air and substrate temperature difference play key roles in the rooting of juvenile hardwood pecan cuttings. **HortTechnology**, Alexandria, v. 2, n. 2, p. 209-213, 2015. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/25/2/article-p209.xml>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

3 **CAPÍTULO 1 - Luminosidade e temperatura na germinação de sementes de**
Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch

RESUMO

O conhecimento dos fatores que contribuem para propagação sexuada de espécies vegetais apresenta grande importância para determinar as condições mais adequadas para o processo de germinação. *Carya illinoensis* é uma espécie caducifolia, cultivada principalmente para produção de noz-pecã, sendo a propagação comercial da espécie por meio da técnica de enxertia, com a utilização de porta-enxertos oriundos de sementes. No entanto, ainda são poucos os estudos referentes a aspectos fisiológicos da germinação e metodologia para realização de ensaios de vigor de sementes, além de técnicas de uniformização da produção de porta-enxertos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da luminosidade e temperatura na germinação de sementes de *C. illinoensis*, visando melhorar a qualidade na produção de porta-enxertos e mudas da espécie. As sementes foram obtidas de seis plantas matrizes do pomar da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em abril de 2017, havendo a homogeneização em um lote único de sementes. Para uniformizar o processo de embebição, as sementes utilizadas no experimento foram previamente submetidas ao processo de escarificação mecânica com uso de lixa de madeira na extremidade apical de cada semente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, arranjado com esquema fatorial 3x4, no qual foram testados três regimes de luminosidade: ausência de luz, luz contínua e luz alternada por 12 h; e quatro condições de temperatura: 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 h a 15°C e 12 h a 25°C, com cinco repetições de oito sementes para cada tratamento. A avaliação final ocorreu após 28 dias da instalação do experimento, sendo avaliadas e calculadas a emissão de radícula (%), o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG), as plântulas normais (%), as plântulas anormais (%), as sementes duras (%), as sementes mortas (%), o comprimento de raiz e da parte aérea (mm/plântula). A combinação de ausência de luz e temperatura elevada favorece a emissão da radícula e o IVG, e reduz o TMG, assim como proporciona maior comprimento de raízes e parte aérea. Todavia, a temperatura de 25°C em conjunto com ausência de luz obteve resultado superior para formação de plântulas normais, sendo essa combinação mais indicada para a germinação de sementes de *C. illinoensis* nas condições de realização do experimento.

Palavras-chave: escarificação; noz-pecã; propagação; vigor.

Luminosity and temperature on seed germination of *Carya illinoensis* (Wangenh) C.

Koch

ABSTRACT

The knowledge of the factors that contribute to the sexual propagation of plant species has great importance in determining the more suitable conditions for the germination process. *Carya illinoensis* is a deciduous species, cultivated mainly for the production of pecan, being the commercial propagation of the species by grafting technique and the use of rootstocks from seeds. However, there are still few studies on the physiological aspects of germination and the best methodology to perform seed vigor tests, as well as techniques for standardization of rootstock production. In this context, the objective of the present work was to evaluate the effect of luminosity and temperature on *C. illinoensis* germination seeds, aiming to improve the quality of rootstock and seedling production. The seeds were obtained from six trees of an orchard from the Agronomic Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul in April 2017, having a homogenization in a single lote of seeds. To uniform the imbibition process, the seeds used in the experiment were previously submitted to the scarification process at the upper end of each seed with the use of wood sandpaper. The experimental design was completely randomized, arranged with a 3x4 factorial scheme, in which were tested three luminosity regimes: absence of light, continuous light and alternating light of 12 h; and four temperature conditions: 20°C, 25°C, 30°C and alternating 12 h at 15°C and 12 h at 25°C, with five replicates of eight seeds for each treatment. The final evaluation occurred after 28 days of the experiment installation, being evaluated and calculated the emission of radicle (%), the seed germination rate (SGR), the germination time (GT), the normal seedlings (%), the abnormal seedlings (%), the hard seeds (%), the dead seeds (%) the length of root and the aerial part (mm/seedling). The combination of absence of light and high temperature favors the emission of the radicle, SGR and reduces GT, as well as provides greater length of roots and aerial part. However, the temperature of 25°C together with absence of light obtained superior results for the formation of normal seedlings, being the most suitable combination for the germination of *C. illinoensis* seeds under the conditions of the experiment.

Keywords: scarification; pecan nut; propagation; vigor.

3.1 Introdução

Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch é uma espécie caducifólia que pertence à família botânica Juglandaceae, conhecida popularmente no Brasil como noqueira-pecã. A espécie é nativa do México e Estados Unidos, onde é encontrada principalmente nas margens de rios. A árvore tem porte ereto e sistema radicular pivotante (Andersen, 2012). Em relação ao florescimento possui inflorescências monoico-diclina, com flores do tipo estaminadas, formadas no ciclo vegetativo do ano anterior, e pistiladas, formadas em

ramos novos, dispostas separadamente na mesma planta (Janick & Paull, 2008). As nozes são formadas após a polinização, estando alocadas dentro do pericarpo, havendo a abertura do mesmo na maturação, em quatro suturas, com posterior liberação das mesmas.

A produção mundial de nozes-pecã na safra 2017/2018 foi de 124.000 toneladas, sendo os principais produtores Estados Unidos e México (International Nut and Dried Fruit Council Foundation, 2018). A espécie apresenta expansão de cultivo em outros países como: África do Sul, Austrália, China, Argentina e Brasil. Neste último, a noqueira-pecã foi introduzida em 1870 por meio de sementes, contudo, a expansão da cultura ocorreu a partir da entrada de cultivares enxertadas e posteriormente à incentivos fiscais para reflorestamentos nas décadas de 60 e 70 do século XX (Fronza *et al.*, 2015). No país, a noqueira-pecã é principalmente cultivada na região sul, devido às condições edafoclimáticas que favorecem o desenvolvimento, sendo o Rio Grande do Sul o estado com maior área de produção, com mais de 5.000 hectares cultivados (Hamann *et al.*, 2018).

O cultivo é realizado, principalmente, para a produção da noz para consumo in natura ou processada. No entanto, há a possibilidade do seu uso para extração de óleo, além da madeira que possui uma ótima qualidade para a produção de móveis (Vendrame & Wetzstein, 2005). A propagação da espécie pode ser realizada de forma sexuada com a utilização de sementes oriundas de polinização cruzada, o que tem como consequências a desuniformidade entre plantas e o longo período de juvenilidade. Outro método de propagação bastante utilizado de maneira comercial é o de enxertia (Andersen, 2012; Fronza & Hamann, 2016). Todavia, mesmo neste último caso, há o uso de sementes para produção dos porta-enxertos. Apesar de muito utilizada, poucos estudos sobre aspectos da fisiologia da germinação de noqueira-pecã foram realizados para que se proponham métodos de germinação uniformes e eficazes.

A germinação consiste no processo biológico, que inicia com a absorção de água pela semente seca e termina com a emergência do eixo embrionário, em geral a radícula, transpondo seus tecidos circundantes (Taiz *et al.*, 2017). Existem inúmeros fatores que desempenham funções no processo de germinação, nos quais a luminosidade e a temperatura estão entre os principais, juntamente com a água e oxigênio (Frank, 2002). A temperatura possui influência direta na porcentagem de sementes germinadas e na velocidade de germinação, havendo temperaturas mínimas e máximas que desfavorecem o processo, além de temperaturas ótimas que favorecem a obtenção de maior taxa de germinação. A temperatura também possui atuação na velocidade de absorção de água, assim como reações bioquímicas relacionadas à ressíntese, desdobramento e transporte de substâncias de reservas para o eixo embrionário (Lopes & Pereira, 2005; Santos Neto *et al.*, 2008).

As sementes podem apresentar comportamentos distintos em relação à resposta ao fotoperíodo, podendo ser classificadas em fotoblásticas positivas, as quais são beneficiadas pela presença de luz; fotoblásticas negativas, as quais são prejudicadas pela presença de luz, o que é mais raro em espécies cultivadas; e sementes fotoblásticas neutras ou não fotoblásticas, as quais germinam na presença e ausência de luz (Marcos-Filho, 2015).

A influência do fotoperíodo na germinação de sementes é distinta entre as espécies, estando atrelada à fenologia e ao centro de origem. De acordo com Borghetti & Ferreira (2004), espécies que crescem sobre dossel denso não requerem luz ou grande quantidade de luz para germinar, no entanto, espécies que se desenvolvem em locais abertos possuem exigência de luz direta, determinando a importância da luz no processo de germinação.

Diante da escassez de estudos sobre a germinação de sementes de *C. illinoensis* e as dificuldades de viveiristas em uniformizar a produção de plântulas destinadas à produção de porta-enxertos, objetivou-se, neste trabalho, verificar o regime de luminosidade e a temperatura mais adequadas para o teste de germinação de sementes da

espécie a fim de estabelecer as condições padrão para isto com o intuito de acelerar e uniformizar o processo germinativo.

3.2 Material e métodos

Local do experimento e coleta de sementes

O experimento foi conduzido no laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante o período de agosto a outubro de 2017. As sementes para a realização do experimento foram coletadas de seis plantas matrizes, com 38 anos de idade do pomar de *C. illinoensis*, localizado na Estação Experimental Agrônômica da Faculdade de Agronomia, no município de Eldorado do Sul (latitude 30°07'08" S, longitude 51°39'59" W e altitude média de 46 m). A coleta foi realizada antes da queda natural das nozes, durante o mês de abril de 2017.

Determinação do teor de água

Após a coleta, foi realizada a homogeneização das sementes em lote único e secagem natural das sementes até 8% de umidade. O teor de água foi determinado a partir da diferença percentual da massa inicial e final de quatro amostras de 100 g de sementes, após secagem em estufa elétrica sob temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante o período de 24 horas (Brasil, 2009). Após a secagem, as sementes foram armazenadas em câmara fria com temperatura de 5°C até a realização dos experimentos.

Curva de embebição

As sementes de *C. illinoensis* foram removidas da câmara fria, sendo testada a embebição em sementes escarificadas e não escarificadas para avaliação da necessidade de tratamento para melhorar a absorção de água e uniformizar a germinação.

A escarificação das sementes foi realizada a partir da raspagem da extremidade apical das sementes, com a utilização de lixa de madeira n° 60. Foram utilizadas quatro repetições de cinco sementes para cada tratamento (escarificadas e não escarificadas).

As sementes foram dispostas entre duas camadas de papel germitest, com duas folhas por camada, previamente umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel com água destilada esterilizada. Houve apenas o uso de papel no teste de embebição, devido a este favorecer a pesagem, também facilitando a disposição novamente do material sobre o papel, ao contrário do substrato areia, no qual as sementes precisariam ser lavadas e dificultaria novamente a disposição do material no substrato. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em câmara do tipo Biochemical Oxygen Demand (BOD), com temperatura de 27°C e na ausência de luz. A partir da incubação, as sementes eram pesadas em intervalos de 1 hora até 12 horas. Depois de transcorrido o período inicial de 12 horas, a pesagem ocorreu em intervalos de 24 horas, com encerramento da avaliação após completar 516 horas de incubação, ou a partir da constatação que mais de 50% das sementes haviam emitido a radícula. A pesagem foi realizada a partir da secagem das sementes em papel toalha e posteriormente colocadas em balança analítica de quatro casas decimais. O cálculo da porcentagem de ganho de peso de sementes foi realizado pela fórmula de Albuquerque *et al.* (2009).

$$GP (\%) = \left(\frac{Pf - Pi}{Pi} \right) \times 100$$

Em que GP = ganho de peso; Pf = peso final de cada intervalo; Pi = peso inicial anterior à embebição.

Tratamentos: Fotoperíodos x temperaturas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com a utilização de esquema fatorial 3x4 (regimes de luminosidade x temperaturas), com cinco repetições de oito sementes por parcela e total de 40 sementes por tratamento. O número de sementes para o teste foi adaptado de Poletto *et al.* (2015), onde foram utilizadas 30 sementes para cada tratamento. No caso do presente estudo, o número foi ampliado e estabelecido de acordo com a possibilidade da disposição de repetições de tratamentos em cada bandeja, a qual era acondicionada nas prateleiras internas da câmara BOD. Os tratamentos consistiram na combinação de três regimes de luminosidade: ausência de luz, luz contínua e luz alternada de 12 h; e quatro condições de temperatura: 20°C, 25°C, 30°C e temperatura alternada de 12 h a 15°C e 12 h a 25°C.

A disposição das sementes foi realizada sobre substrato areia, em bandejas plásticas de 9 x 24 x 34 cm, preenchidas com areia média, autoclavada a 121°C por 30 minutos e umedecida até 60% da capacidade de retenção (Brasil, 2009). A escolha do substrato areia foi estabelecida devido a este substrato não causar obstrução da incidência de luz sobre as sementes, diferente da utilização de camadas de papel. Antes da semeadura, foi realizada a assepsia das sementes em álcool 70 % (1 minuto), hipoclorito de sódio 1 % (5 minutos), e tríplice lavagem em água destilada esterilizada, com posterior realização de escarificação conforme item anterior.

Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmaras BOD, reguladas com os respectivos tratamentos de luminosidade e temperatura. Bandejas com tratamentos com ausência de luz foram cobertas com papel alumínio para evitar qualquer interferência de luminosidade.

Avaliações do experimento

A avaliação final foi realizada após 28 dias da instalação do experimento, como determinado por Brasil (2009), para germinação de sementes de *C. illinoensis*. Nesta

avaliação, as variáveis analisadas e calculadas foram: emissão de radícula (%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), plântulas normais (%), plântulas anormais (%), sementes duras (%), sementes mortas (%) e comprimento médio de raízes e parte aérea (mm) de plântulas. Para as variáveis de desenvolvimento de plântulas comprimento de raízes e parte aérea, foram utilizadas todas as plântulas com emissão de radícula e parte aérea do teste de germinação e os resultados foram expressos em mm/plântula.

A avaliação da emissão de radícula ocorreu a cada dois dias após a instalação do experimento, sendo considerada como a constatação da protusão da raiz primária. O índice de velocidade de germinação foi calculado conforme modelo proposto por Maguire (1962).

$$IVG = \left(\frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \frac{G_n}{N_n} \right)$$

Em que G_1, G_2, G_n = sementes germinadas em cada contagem; N_1, N_2, G_n = números de dias transcorridos até a germinação.

O tempo médio de germinação foi estimado pelo modelo utilizado por Cetnarski-Filho & Carvalho (2009).

$$TMG \text{ (dias)} = \left[\frac{(G_1 \times T_1 + G_2 \times T_2 + G_n \times T_n)}{(G_1 + G_2 + G_n)} \right]$$

Em que G_1, G_2, G_n = sementes germinadas em cada contagem; T_1, T_2, T_n = número de dias de cada contagem realizado após a instalação do experimento.

Plântulas normais, plântulas anormais, sementes duras e sementes mortas foram avaliadas conforme definições de Brasil (2009). Plântulas normais consistem em plântulas que possuem capacidade de continuar o desenvolvimento e originar plantas normais. Plântulas anormais são aquelas que não apresentam capacidade de continuar o desenvolvimento. Sementes duras consistem em sementes que não absorvem água por um elevado período de tempo, apresentando aspecto semelhante ao do início do teste. Sementes mortas são consideradas sementes que não são duras, não germinaram e

apresentam aspecto amolecido ou incidência de microrganismos. O comprimento de raízes e parte aérea foi realizado a partir de medição com auxílio de régua graduada.

Os dados obtidos foram submetidos a teste de normalidade e posteriormente à análise de variância (ANOVA), com adoção do modelo que apresentou diferença significativa pelo teste F ($p < 0,05$). Dados em porcentagem (exceto sementes mortas) foram transformados em $\sqrt{x + 1}$ (resultados apresentados em valores originais). Havendo significância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. A análise estatística foi realizada mediante o uso dos programas estatísticos Sisvar 5.6 e Minitab 18.

3.3 Resultados e discussão

Curva de embebição

Sementes de *C. illinoensis* apresentaram padrão trifásico no processo de embebição após o final das pesagens. O ganho de peso das sementes caracterizou por um rápido incremento de peso nas primeiras 12 h de avaliação, independente da forma da semente utilizada (Figura 1). A partir deste período continuaram ganhando peso, com menor intensidade até às 120 h (sementes sem escarificação) e 180 h (sementes escarificadas).

Posteriormente, as sementes mantiveram um período de estabilidade, apesar de que se observou menor ganho de peso para sementes não escarificadas. A partir da abertura das sementes em duas suturas e posterior emissão da radícula, ocorreu a retomada do ganho de peso, principalmente e mais precocemente em sementes que passaram pelo processo de escarificação.

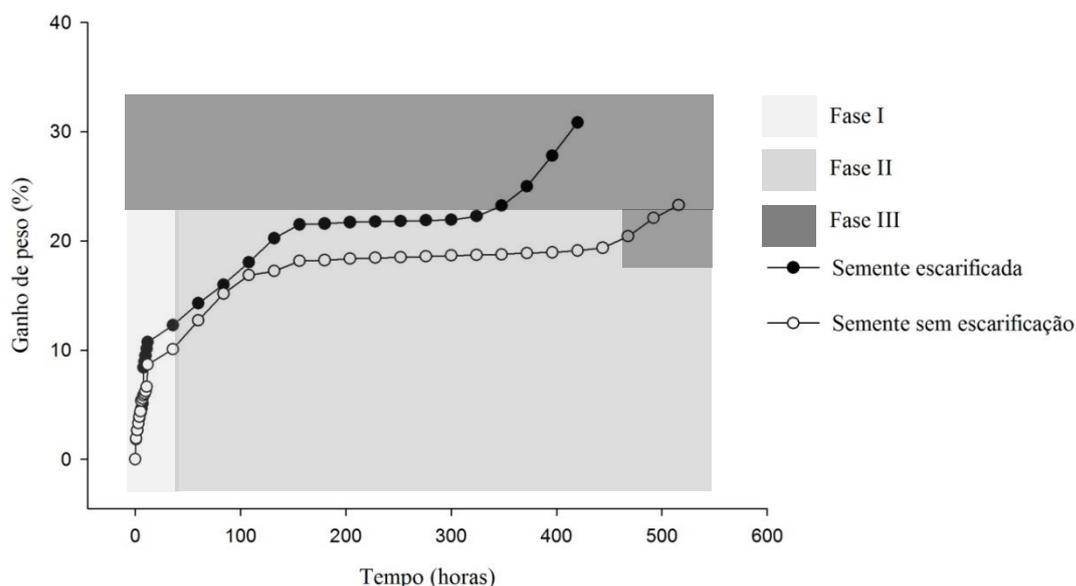


FIGURA 1. Curva de embebição de sementes escarificadas e não escarificadas de *C. illinoensis*. Porto Alegre, 2018.

Deste modo, a fase I do padrão trifásico observado consiste na rápida absorção de água. A fase II é representada pela estabilização do peso e posteriormente ocorrendo à fase III com a retomada do ganho de peso das sementes da espécie, conforme Figura 1.

A fase I da embebição de sementes é caracterizada por uma rápida absorção de água devido ao potencial matricial negativo em sementes secas e aumento do potencial interno da semente a partir da absorção de água (Chong *et al.*, 2002). Sementes de *C. illinoensis* absorveram rapidamente água nas primeiras horas, independentemente do tratamento dado à estas. No entanto, na fase II, há maior ganho de peso em sementes escarificadas e havendo menor tempo para obtenção da taxa de 50% de sementes com emissão da radícula, obtida com 420 horas após o início dos testes de embebição.

Sementes não escarificadas não alcançaram a taxa de 50% emissão da radícula após 516 horas, indicando que o procedimento de escarificação melhora a absorção de água e antecipa a emissão da radícula, fazendo com que o primeiro passo da germinação, a embebição, ocorra mais uniformemente em um lote de sementes. Conforme Souza & Marcos-Filho (2001), a presença de tegumento rígido em sementes pode ocasionar uma barreira para absorção de água. Neste contexto, o tegumento de sementes de *C.*

illinoensis dificulta a absorção de água e acarreta atraso na emissão da radícula em relação a sementes que passaram pelo processo de escarificação. Poletto *et al.* (2015), obtiveram aumento na germinação de sementes de *C. illinoensis* por meio da realização de escarificação do ápice do tegumento de sementes em conjunto com a realização de estratificação, evidenciando a influência do tegumento na germinação de sementes da espécie.

Fotoperíodos e temperaturas

As sementes de *C. illinoensis* submetidas aos tratamentos com temperatura de 20°C e alternada de 12 h a 15°C e 12 h a 25°C não germinaram. Deste modo, tratamentos com essas duas temperaturas foram incluídas na análise estatística, no entanto apresentando valores nulos para variáveis relacionadas à germinação.

A comparação das médias dos resultados obtidos da interação dos fatores fotoperíodo: presença, ausência e luz alternada de 12 h; e temperaturas: 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C, evidencia que a ausência de luz e a temperatura elevada (30°C) possuem efeito positivo na emissão de radícula de sementes de *C. illinoensis*, assim como no IVG e TMG (Tabela 1), nas condições que o experimento foi realizado.

TABELA 1. Emissão de radícula (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. illinoensis* em regimes de luminosidade de ausência de luz, luz alternada de 12 horas e luz contínua em conjunto com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Porto Alegre, 2018.

Temperatura	Regimes de luz		
	Ausência de luz	12 h luz	24 h luz
Emissão da radícula (%)*			
20°C	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
25°C	62,5 bA	35,0 bB	20,0 bC
30°C	95,0 aA	72,5 aB	35,0 aC
Alternada	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
CV = 11,71%			
IVG*			
20°C	0,000 cA	0,000 cA	0,000 cA
25°C	0,293 bA	0,136 bB	0,076 bC
30°C	0,593 aA	0,337 aB	0,144 aC
Alternada	0,000 cA	0,000 cA	0,000 cA
CV = 22,75%			
TMG (dias)*			
20°C	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
25°C	17,1 aB	20,6 aA	21,0 aA
30°C	12,9 bC	17,3 bB	19,5 bA
Alternada	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
CV = 4,55%			

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A temperatura de 30°C em ambiente com ausência de luz acelerou o tempo médio de germinação fisiológica das sementes da espécie (12,9 dias), em relação aos demais tratamentos que obtiveram germinação de sementes. Outras variáveis também foram favorecidas, como a obtenção de maior porcentagem de sementes com emissão de radícula (95%) e maior índice de velocidade de germinação (0,593).

O início do processo de germinação que inicia com a embebição e posterior emissão de radícula (germinação fisiológica) foram potencializados pela elevação da temperatura e ausência de luz. O aumento da temperatura pode ocasionar inferência direta nas reações bioquímicas do embrião e acelerar a germinação de sementes, assim como efeito direto na viabilidade de sementes (Bewley *et al.*, 2006). Resultados semelhantes foram obtidos com sementes de *Myracrodruon urundeuva*, que apresentaram maior

percentual de sementes com emissão de radícula com ausência de luz na faixa de temperatura ótima para a espécie de 25°C (Silva *et al.*, 2002).

Sementes de *C. illinoensis* obtiveram resultados superiores na emissão da radícula com ausência de luz, comportando-se como fotoblásticas negativas. De acordo com Marcos-Filho (2015), a luz é perceptível na semente através do pigmento fitocromo, que absorve luz nas radiações de vermelho (pico de absorção em 660 nm) e vermelho distante (pico de absorção de 730 nm), no qual o pigmento fitocromo na forma ativa é convertida pela exposição da forma inativa a radiações na faixa de 660 nm; já a exposição da forma ativa do fitocromo a radiações na faixa de 730 nm fazem com que o fitocromo assumam a forma inativa. Os comprimentos de onda desempenham papel fundamental na germinação, no qual comprimentos de ondas carregadas com grande quantidade de vermelho distante tendem a diminuir a germinação devido ao processo de fotoconversão (Cardoso, 2008).

O comprimento de onda com elevada frequência de vermelho distante tende a inibir a germinação de sementes, devido à fotoconversão da forma ativa do fitocromo para forma inativa, assim como a baixa razão oriunda de vermelho e vermelho distante ocasionado por serapilheiras, tecidos que envolvem o embrião e a espessura do tegumento (Cardoso, 2008). Sementes de *C. illinoensis* possuem tegumento espesso, possivelmente alterando deste modo a razão entre vermelho e vermelho distante e influenciando conseqüentemente na germinação de sementes quando submetidas a tratamentos com a presença de luz. De acordo com Marcos-Filho (2015), sementes fotoblásticas negativas necessitam longo período de escuridão ou rápida exposição a radiações vermelho distante para que ocorra a germinação.

A interação temperaturas e regimes de luz foi, novamente, significativa para as variáveis plântulas normais, plântulas anormais, sementes duras e mortas do teste de germinação (Tabela 2). Ausência de luz e temperatura de 30°C obtiveram os menores resultados de sementes duras e sementes mortas, com respectivamente 0 e 5 %. No entanto,

neste tratamento também observou-se maior porcentagem de plântulas anormais (85%). A maior taxa de plântulas normais foi obtida com ausência de luz e temperatura de 25°C, conforme Tabela 2.

TABELA 2. Plântulas normais (%), plântulas anormais (%), sementes duras (%) e mortas (%) de *C. illinoensis* em regimes de luminosidade de ausência de luz, luz alternada de 12 horas e luz contínua em conjunto com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Porto Alegre, 2018.

Temperatura	Regimes de luz		
	Ausência de luz	12 h luz	24 h luz
Plântulas normais (%)*			
20°C	0,0 cA	0,0 bA	0,0 bA
25°C	62,5 aA	30,0 aB	12,5 aC
30°C	10,0 bA	0,0 bB	0,0 bB
Alternada	0,0 cA	0,0 bA	0,0 bA
CV = 31,82%			
Plântulas anormais (%)*			
20°C	0,0 bA	0,0 bA	0,0 cA
25°C	0,0 bB	5,0 bA	7,5 bA
30°C	85,0 aA	72,5 aA	35,0 aB
Alternada	0,0 bA	0,0 bA	0,0 cA
CV = 21,82%			
Sementes duras (%)*			
20°C	82,5 aA	75,0 aA	80,0 aA
25°C	17,5 bB	52,5 bA	52,5 bA
30°C	0,0 cB	2,5 cB	40,0 bA
Alternada	80,0 aA	77,5 aA	87,5 aA
CV = 8,43%			
Sementes mortas (%)*			
20°C	17,5 abA	25,0 aA	20,0 abA
25°C	20,0 aAB	12,5 aB	27,5 aA
30°C	5,0 bB	25,0 aA	25,0 abA
Alternada	20,0 aA	22,5 aA	12,5 bA
CV = 45,24%			

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao contrário do que aconteceu para emissão da radícula, a qual foi superior para a temperatura de 30°C, para a variável plântulas normais, o resultado superior foi encontrado com 25°C e na ausência de luz (62,5%), sendo que nesta temperatura sempre foi observado resultado superior à 30°C, em todos os regimes de luz (Tabela 2). Para plântulas anormais, o resultado superior foi observado a 30°C na ausência de luz, o que indica que das sementes que emitiram radícula (Tabela 1), muitas dessas apresentaram anormalidade,

posteriormente sendo classificadas como anormais, demonstrando ressecamento da extremidade da parte aérea e da raiz primária.

Resultados semelhantes foram observados por Lucchese (2017), no qual temperaturas elevadas ocasionaram maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação de sementes de *Toona ciliata* var. *australis*, contudo a maior média de plântulas normais (90,52%), foi observada com temperatura de 25°C, havendo aumento da média de plântulas anormais com temperaturas acima de 25°C. Alterações fisiológicas também foram observadas em plântulas de *Maquira sclerophylla*, no qual temperaturas elevadas favoreceram a germinação inicial das sementes, porém ocasionando posteriormente necrose na extremidade da parte radicular e aérea de plântulas da espécie na fase de desenvolvimento (Miranda & Ferraz, 1999).

Temperaturas baixas (20°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C) não foram benéficas para a germinação de sementes de *C. illinoensis*, havendo a maior obtenção de sementes duras em todos os regimes de luminosidade, como visto na Tabela 2. Baixas temperaturas podem acarretar a diminuição das atividades metabólicas de forma drástica e influenciar diretamente na obstrução das vias essenciais para o início da germinação (Hendricks & Taylorson, 1976). De acordo com Dimalla & Staden (1977), temperaturas baixas (20°C), acarretam uma diminuição na germinação de sementes devido à baixa produção de giberelina, havendo o crescimento da produção desta substância a partir do aumento da temperatura.

Deste modo, temperaturas baixas reduzem a atividade metabólica de sementes e diminuem a produção de giberelina que consiste em um hormônio essencial para o processo de germinação e formação de plântulas. Conforme Carvalho & Nakagawa (2000), temperaturas inferiores e superiores à temperatura ótima para germinação também tendem a expor as sementes a condições adversas para o processo de germinação, deste modo afetando a porcentagem de germinação destas.

A interação entre temperaturas e regimes de luminosidade foi também significativa para as variáveis relacionadas ao desempenho de plântulas (Tabela 3). Ausência de luz e temperatura de 30°C proporcionaram melhores resultados para comprimento de raiz e parte aérea de plântulas, 123,2 mm e 38,2 mm, respectivamente.

TABELA 3. Comprimento médio de raízes (mm/plântula) e comprimento médio de parte aérea (mm/plântula) de plântulas de *C. illinoensis* em regimes de luminosidade de ausência de luz, luz alternada de 12 horas e luz contínua em conjunto com temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C. Porto Alegre, 2018.

Temperatura	Regimes de luz		
	Ausência de luz	12 h luz	24 h luz
Comprimento raiz (mm/plântula)*			
20°C	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
25°C	76,4 bA	48,0 bB	38,8 bC
30°C	123,2 aA	93,2 aB	61,4 aC
Alternada	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
CV = 8,08%			
Comprimento parte aérea (mm/plântula)*			
20°C	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
25°C	25,6 bA	19,8 bB	16,4 bC
30°C	38,2 aA	28,8 aB	24,0 aC
Alternada	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
CV = 9,93%			

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea de plântulas foram superiores para 30°C e na ausência de luz (Tabela 3). Essa resposta ocorreu porque o processo germinativo iniciou antes para estas condições, conseqüentemente, as plântulas tiveram mais tempo para se desenvolver. Entretanto este resultado mascara o resultado real, pois, apesar de maior, o percentual de plântulas normais para essas condições foi significativamente inferior.

Os resultados obtidos neste experimento diferem em relação os padrões de temperatura indicado pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), para germinação de sementes de *C. illinoensis*, pois é indicada a faixa de 20 a 30°C para a germinação da espécie e, no presente estudo, observou-se que na temperatura de 20°C não há germinação e em 30°C há maior percentual de plântulas anormais, nas condições

experimentais testadas. Deste modo, é mais indicado o uso da temperatura de 25°C para obtenção de maior formação de plântulas normais.

3.4 Conclusões

Sementes de *Carya illinoensis* se comportam como fotoblásticas negativas.

Maior porcentagem de plântulas normais é obtida com temperatura de 25°C na ausência de luz em substrato sobre areia e escarificação mecânica, sendo estas condições recomendadas para condução do teste de germinação da espécie.

3.5 Referências

ALBUQUERQUE, K. S. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 12–19, 2009.

ANDERSEN, P.C. The pecan tree. **Horticultural Science Department**, Florida: University of Florida. Horticultural Science Department. 2012. 16 p. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS22900.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M.; HALMER, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. Trowbridge: Cromwell Press, 2006. 858 p.

BORGUETTI, F.; FERREIRA, A. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação Geral de Apoio Laboratorial. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G.B. (Ed) **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008. p. 284-408.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CETNARSKI-FILHO, R. C.; CARVALHO, R.I.N. Massa da amostra, substrato e temperatura para teste de germinação de sementes de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 257-265, 2009.

CHONG, C.; BIBLE, B.B.; JU, H.K. Germination and emergence. In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of Plant and Crop Physiology**. 2th. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p.57-115.

DIMALLA, G.G.; STADEN, J. V. The effect of temperature on the germination and endogenous cytokinin and gibberellin levels of pecan nuts. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, Stuttgart, n. 82, p. 274-280, 1977.

FRANK, G.D.J. Dormancy: manifestations and Causes. In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of plant and crop physiology**. 2th. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 161-179.

FRONZA, D.; POLETTI, T.; HAMANN, J.J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2015. 301 p.

FRONZA, D.; HAMANN, J.J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2016. 424 p.

HAMANN, J.J. et al. **Cultivares de noqueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190468/1/DOCUMENTO-478.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Variation in the germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, v.58, n.1, p.7-11, 1976. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/58/1/7.full.pdf>. Acesso em 23 nov. 2018.

INTERNATIONAL NUT AND DRIED FRUIT COUNCIL FOUNDATION. **Nuts & dried fruits**: statistical yearbook 2017/2018. Disponível em: https://www.nutfruit.org/files/tech/1523960263_INC_Statistical_Yearbook_2017-2018.pdf. Acesso em: 25 jan. 2018.

JANICK, J.; PAULL, R.E. **The encyclopedia of fruit and nuts**. Cambridge: Cambridge University, 2008. 954 p.

LOPES, J. C.; PEREIRA, M. D. Germinação de sementes de cubiu em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 146-150, 2005.

LUCCHESE, J.R. **Qualidade de sementes e produção de mudas de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis***. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 660 p.

MIRANDA, P. R. M.; FERRAZ, I. D. K. Efeito da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquirasclerophylla* (Ducke) C. C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 303-307, 1999.

POLETTO, T. et al. Métodos de superação de dormência da semente de noqueira-pecã *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n.6, p.1111-1118, 2015.

SANTOS NETO, A.L. et al. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sambacaitá (*Hyptispectinata* (L.) Poit). **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v.14, n.4, p. 19-26, 2008.

SILVA, L.M.M.; RODRIGUES, T.J.D.; AGUIAR, I.B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Arvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.

SOUZA, F. H.D.; MARCOS-FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 365–375, 2001.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VENDRAME, W.; WETZSTEIN, H. *Carya illinoensis*. In: LITZ, R.E. (Ed). **Biotechnology of fruit and nut crops**. Oxfordshire: CABI, 2005. p. 298-304.

4 **CAPÍTULO 2 - Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de plantas adultas de *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch após poda de rejuvenescimento**

RESUMO

Carya illinoensis é uma espécie pertencente à família Juglandaceae, cultivada principalmente para produção de noz-pecã. A produção de mudas de forma comercial é realizada por meio da enxertia, sendo utilizadas sementes para produção de porta-enxertos, o que resulta em variabilidade genética e plantas com diferenças morfofisiológicas em pomares. A utilização de outros métodos de propagação assexuada, exclusivamente clonal, como a estaquia, poderá ser um caminho para resolução destes problemas de desuniformidade entre plantas no viveiro e nos pomares. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da época de coleta de estacas e da aplicação exógena de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *C. illinoensis* advindas de plantas adultas. O experimento foi realizado em estufa agrícola com nebulização intermitente, durante o período de dezembro de 2017 até outubro de 2018. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x5, no qual foram testadas quatro épocas de coleta de estacas: primavera, verão, outono e inverno; e cinco doses de AIB: 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L⁻¹. As estacas foram oriundas de plantas adultas com 38 anos de idade, confeccionadas com 10 a 12 cm de comprimento e uma folha cortada pela metade, exceto para estacas de inverno. Após 60 dias da realização da estaquia foi realizada a avaliação de estacas com formação de calo (%), estacas enraizadas (%), número médio de raízes por estaca, comprimento médio de raízes de estacas (cm), estacas vivas (%), brotação (%), retenção foliar (%), média de massa fresca e seca de raízes (mg). Os tratamentos com o uso de AIB promoveram o enraizamento das estacas, de forma linear, a partir do aumento das doses de AIB, com o uso de estacas coletadas durante o verão e outono. Resultados superiores para variável enraizamento foram alcançados com estacas coletadas durante o verão, com a obtenção de 30% de estacas enraizadas com a utilização de 8.000 mg L⁻¹ de AIB, sendo esta dose e época de coleta que obtiveram também resultados superiores para as variáveis formação de calo, número médio de raízes, comprimento médio de raízes, massa seca e fresca de raízes de estacas. Os resultados indicam a possibilidade de propagação de *C. illinoensis* pela técnica da estaquia, sendo uma alternativa de propagação da espécie.

Palavras-chave: enraizamento; noz-pecã; propagação assexuada; variabilidade.

Collection time and indolbutyric acid in rooting of adult plant cutting of *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch after rejuvenation pruning

ABSTRACT

Carya illinoensis is a species belonging to the Juglandaceae family, grown mainly for pecan nut production. The production of commercial seedlings is carried out through grafting, using seeds for the production of rootstocks, which results in genetic variability and plants with morphophysiological differences in orchards. The use of other methods of asexual, exclusively clonal propagation, such as cutting, may be a way to solve these problems of unevenness between plants in the nursery and orchards. In this context, the objective of this work was to evaluate the influence of the cutting season and exogenous application of indolbutyric acid on the rooting of *C. illinoensis* cuttings from adult plants. The experiment was carried out in vegetation house with intermittent nebulization, from December 2017 to October 2018. The experimental design was completely randomized, with a factorial arrangement 4x5, in which were tested four seasons of cutting collection: spring, summer, autumn and winter; and five doses of IBA: 0, 2,000, 4,000, 6,000 and 8,000 mg L⁻¹. The cuttings came from adult plants at 38 years of age and made from 10 to 12 cm in length and a leaf cut in half, except for winter cuttings. After 60 days of cutting, was made the evaluation of cuttings with callus formation (%), rooted cuttings (%), average of root number of cuttings, average of root length of cuttings (cm), live cuttings (%), sprouting (%), leaf retention (%), average of fresh mass and dryness root (mg). The treatments with the use of IBA promoted the rooting of the cuttings, linearly from the increase of IBA doses, from occurrences collected during the summer and autumn. Superior results for the rooting variable were reached with cuttings collected during the summer, with 30% of cuttings rooted with the use of the 8,000 mg L⁻¹ of IBA, being this dose and collection time that obtained superior results for the variables of formation of callus, average of number of roots, average of root length, dry mass and fresh roots of cuttings. The results indicate that are possibility of propagation of *C. illinoensis* by the cutting technique, being an alternative of propagation of the species.

Keywords: rooting; pecan nut; asexual propagation; variability.

4.1 Introdução

Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch, conhecida popularmente no Brasil como noqueira-pecã, é uma espécie de origem da América do norte, cultivada principalmente para produção de noz-pecã. No Brasil, a maior área de cultivo esta localizada no estado do Rio Grande do Sul, com mais de 5.000 hectares (Hamann *et al.*, 2018).

A manutenção da homogeneidade entre plantas por meio da propagação vegetativa possui suma importância nas áreas de horticultura e silvicultura (Naqvi, 2002; Fachinello *et al.*, 2005). Entre as principais técnicas empregadas na propagação vegetativa de espécies

arbóreas está a estaquia, que consiste em um procedimento que possibilita manter todas as características desejáveis de plantas matrizes, devido a ser um método de propagação exclusivamente clonal (Hartmann *et al.*, 2011; Xavier *et al.*, 2013). Nesta técnica, resultados diferentes podem ser obtidos em relação à época do ano da coleta de estacas (primavera, verão, outono e inverno), principalmente devido à variação existente em relação ao nível de atividade meristemática e lignificação dos tecidos (Fachinello *et al.*, 2005). Atrelada à época do ano, está à idade do material propagativo utilizado na propagação por estaquia. A capacidade de enraizamento de estacas de diversas espécies como *Olea europaea* (oliveira), *Eucalyptus* spp. (eucalipto) e *Malus domestica* (macieira), diminui a partir da passagem da fase juvenil para adulta (Hartmann *et al.*, 2011). De acordo com Borges *et al.* (2004), estacas obtidas da rebrota de plantas em plena maturidade de *Acacia mearnsii* (acácia-negra), possuem maior capacidade de serem utilizadas na propagação vegetativa. O resgate de material juvenil de plantas adultas pode ser obtido a partir da realização de podas e corte raso de plantas, deste modo estimulando a formação de material propagativo com características juvenis (Alfenas *et al.*, 2004).

Além da época de coleta do material propagativo, existem outros fatores que influenciam no processo de rizogênese de estacas, como a concentração de auxina, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Conforme Xavier *et al.* (2013), as auxinas possuem grande influência no enraizamento, havendo a aplicação exógena de substâncias sintetizadas desse grupo como o ácido indolbutírico (AIB) para formação de raízes. A aplicação exógena de auxinas na base de estacas contribui na rizogênese, pois apresenta papel fundamental na iniciação de raízes adventícias e no estímulo inicial do processo de divisão celular (Alfenas *et al.*, 2004).

A produção de mudas de noqueira-pecã pode ser realizada com a utilização de sementes, no entanto havendo diferenças entre plantas devido à variabilidade genética (Fronza *et al.*, 2015). Quando propagadas por sementes, a espécie apresenta crescimento

lento e com longo período de juvenilidade. Atualmente, o sistema de propagação, empregado comercialmente, consiste na enxertia com a utilização de porta-enxertos provenientes de sementes (Janick & Paull, 2008; Andersen, 2012; Fronza *et al.*, 2018). Todavia, os porta-enxertos oriundos de sementes de noqueira-pecã apresentam variação em relação ao crescimento e desempenho entre plantas, além de um elevado período para produção de mudas (Warren, 2015).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o enraizamento de estacas de plantas em fase de produção de *C. illinoensis* para fins de resgate de plantas matrizes, bem como determinar a dose de ácido indolbutírico e época de coleta das estacas para promover o enraizamento.

4.2 Material e métodos

Local do experimento

O experimento foi conduzido em estufa agrícola com nebulização intermitente do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante o período de dezembro de 2017 até outubro de 2018.

Coleta de estacas

As estacas para a realização do experimento foram coletadas de 14 plantas matrizes de *C. illinoensis*, com 38 anos de idade (Figura 1), espaçadas em 10 x 12 m, localizadas no pomar da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Eldorado do Sul (latitude 30°07'08" S, longitude 51°39'59" W e altitude média de 46 m). Antes da coleta do material, foi realizada a poda drástica das plantas no mês de julho de 2017, sendo mantidos aproximadamente 30 cm de cada ramo para a emissão de novas brotações.



FIGURA 1. Pomar de *C. illinoensis* da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fonte: Google Maps, 2018.

As coletas dos ramos que deram origem às estacas foram realizadas nas quatro estações do ano, com procedimento durante o período da manhã (8 às 10 horas), devido à elevada perda de umidade do material propagativo, sendo as estacas previamente enroladas em papel germitest e umedecidas com água destilada esterilizada. Após a coleta, as estacas foram acondicionadas em caixas de isopor para o transporte até o local de instalação do experimento.

A consistência dos ramos coletados na primavera era herbácea, no verão e outono eram semi-lenhosas e no inverno lenhosas, com distintas idades em relação ao período de brotação até a coleta, conforme Tabela 1. Para uniformização das estacas coletadas de diferentes plantas, houve a homogeneização do material propagativo em lote único após cada coleta, sendo utilizadas estacas oriundas da parte central de ramos, com a manutenção de duas gemas, localizadas na parte superior e inferior das estacas, com 10 a 12 cm de comprimento (entre gemas) e 8 a 10 mm de diâmetro, posteriormente cortadas em bisel

acima da gema apical. As estacas foram mantidas com uma folha cortada pela metade, com seis folíolos, para diminuir a evapotranspiração. As estacas de inverno foram confeccionadas sem folhas, por ser uma espécie caducifólia.

Tratamentos e condições experimentais

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com a utilização de esquema fatorial 4x5 com épocas de coleta x doses de AIB, com quatro repetições de 10 estacas por parcela e com total de 40 estacas por tratamento. Os tratamentos consistiram na combinação de diferentes doses de AIB: 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L⁻¹; e épocas de coleta: primavera, verão, outono e inverno.

Os tratamentos de AIB foram oriundos de soluções hidroalcoólicas, para melhorar a dissolução do AIB, com o uso de ácido indol-3-butírico (C₁₂ H₁₃ NO₂) p.a com 99% de pureza (Vetec®), utilizando como solvente 50% de álcool etílico 48% e o restante da solução completada com água destilada, adaptado de Fachinello *et al.* (2005). Para melhorar a penetração das soluções de AIB, 3 cm da base das estacas ficou em contato com as soluções durante 10 segundos.

TABELA 1. Idade aproximada de estacas após a brotação (dias), datas de instalação e avaliação do experimento época de coleta e ácido indolbutírico no resgate de plantas matrizes adultas de *C. illinoensis* (Wangenh) C. Koch para estaquia. Porto Alegre, 2018.

	Época de coleta			
	Primavera Herbáceas	Verão Semi-lenhosas	Outono Semi-lenhosas	Inverno Lenhosas
Idade estacas	40	90	140	270
Instalação	13/12/17	01/02/18	23/03/18	01/08/18
Avaliação	11/02/18	02/04/18	22/05/18	02/10/18

Após a aplicação dos tratamentos de diferentes doses de AIB, as estacas foram colocadas em bandejas plásticas com 50 células e volume de 100 mL/célula, preenchidas com substrato casca de arroz carbonizada e mantidas sobre bancadas de alvenaria em estufa agrícola com nebulização intermitente. O sistema de nebulização é composto por

aspersores modelo fogger com quatro bicos e vazão de $8,7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, com espaçamento de 50 cm entre aspersores.

A irrigação da estufa agrícola com nebulização intermitente foi programada com diferentes tempos de acionamento em relação ao período do dia e época do ano. Nos meses de novembro a maio, durante o horário das 7 às 19 horas, a irrigação do sistema de nebulização ocorreu durante 15 segundos em intervalos de acionamento de 5 minutos; e das 19 às 7 horas foi durante 15 segundos em intervalos de acionamento de 15 minutos. Já nos meses de junho a outubro, no horário das 7 às 19 horas, o período de irrigação ocorreu durante 15 segundos em intervalos de acionamento de 8 minutos, e das 19 às 7 horas, ocorreu durante 15 segundos em intervalos de acionamento de 25 minutos. O acompanhamento da temperatura média e umidade relativa do ar do interior da estufa agrícola com nebulização intermitente foram realizados diariamente por meio da utilização de termo - higrômetro digital da marca AKSO[®], conforme Figura 2.

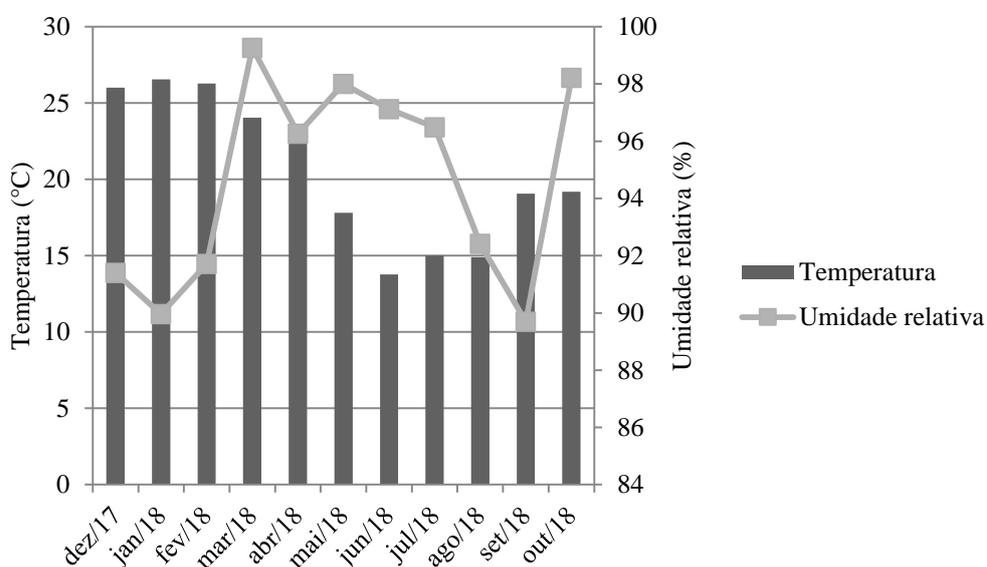


FIGURA 2. Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa agrícola com nebulização intermitente no período de dezembro de 2017 a outubro de 2018. Porto Alegre, 2018.

Avaliações do experimento

As avaliações foram realizadas 60 dias após a estaquia (Tabela 1). Os parâmetros avaliados e calculados foram: estacas com formação de calo (%), enraizamento (%),

estacas vivas (%), retenção foliar (%), brotação (%), número médio de raízes por estacas, comprimento médio de raízes por estacas (cm), média de massa fresca e seca de raízes de estacas (mg). A medição do comprimento médio de raízes foi realizada com a utilização de régua graduada. As massas fresca e seca de raízes foram pesadas em balança analítica de precisão, sendo a massa seca obtida após estabilização do peso das raízes em estufa de secagem a 65°C. As raízes para determinação da massa fresca foram previamente submetidas à limpeza em água corrente para retirada de resquícios de substrato e após a pesagem foram alocadas na estufa de secagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com adoção do modelo que apresentou diferença significativa pelo teste F ($p < 0,05$). Para interação significativa os dados foram sujeitos à análise de regressão polinomial e quando somente a época de coleta foi significativa houve comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As variáveis avaliadas formação de calo, enraizamento, retenção foliar e brotação foram transformados em $\sqrt{x} + 1$, e transformação em $\arcsen\sqrt{(x)/100}$ da variável estacas vivas (resultados apresentados em valores originais). A análise estatística foi realizada mediante o uso dos programas estatísticos Sigmaplot 10.0 e Sisvar 5.6.

4.3 Resultados e discussão

Para as variáveis formação de calo e enraizamento foi constatada interação entre os fatores estudados, apresentando, a partir da análise de regressão polinomial, comportamento linear crescente a partir do aumento das doses de AIB para as estações de coleta de verão e outono. Não houve ajuste de regressão para formação de calo e enraizamento com aplicação de auxina exógena durante a primavera e inverno, apenas sendo apresentados os pontos com as médias para cada variável.

Estacas de verão obtiveram a maior formação de calo em conjunto com a utilização da dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB, com a obtenção de 35 % (Figura 3A). Assim como para

formação de calo, estacas de verão também obtiveram maior enraizamento (30%) em conjunto com a utilização da dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB (Figura 3B).

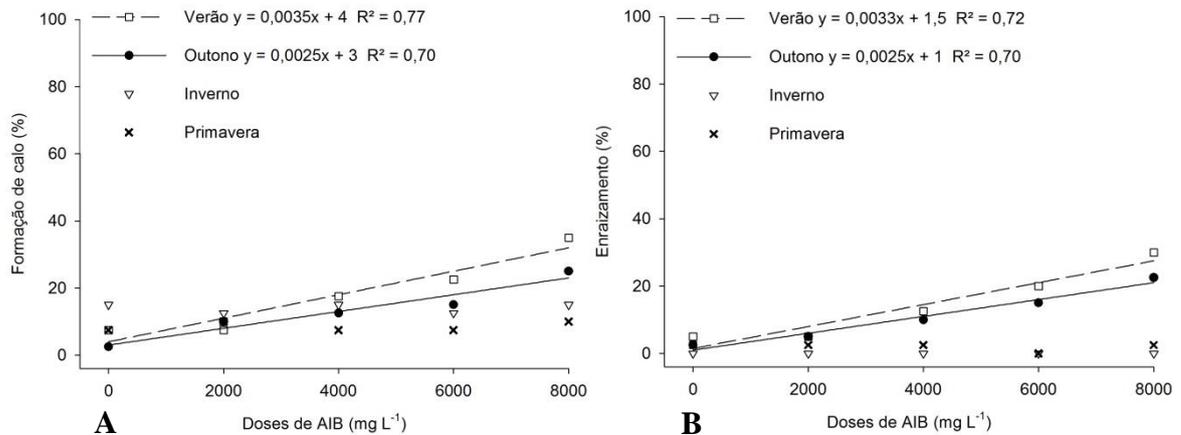


FIGURA 3. Formação de calo (A) e enraizamento (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e épocas de coleta. Porto Alegre, 2018.

Resultados semelhantes do efeito positivo do uso de AIB foram obtidos por Gustafson (1973), em estacas de noqueira-pecã com aproximadamente 30 anos de idade da cultivar Coy, com a obtenção da maior média de estacas enraizadas de 37,5% com utilização da dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB. A utilização de AIB ocasionou efeito positivo no enraizamento, sendo essencial para sucesso na propagação por estaquia da espécie, principalmente durante o verão, estação de obtenção de melhores resultados. Entretanto, com a obtenção do aumento do enraizamento de forma linear com máximo resultado obtido com a dose de 8.000 mg L⁻¹, não foi possível estimar o valor de saturação, no qual haveria declínio do enraizamento e também não foi possível afirmar se o enraizamento aumentaria com doses superiores. Segundo Janick & Paull (2008), estacas de *Juglans regia*, que pertence à mesma família botânica de *C. illinoensis*, enraízam com a utilização da dose de 20.000 mg L⁻¹ de AIB.

Conforme Hartmann *et al.* (2011), existe um aumento da resposta do enraizamento a partir da aplicação de auxinas até um ponto máximo, no qual qualquer adição posterior pode ser inibitória. Deste modo, há possibilidade de ocorrer resultados superiores e um ponto de saturação para propagação com doses maiores que 8.000 mg L⁻¹ de AIB no enraizamento de estacas de noqueira-pecã.

Estacas enraizadas foram somente observadas com a presença de calo, no qual foi obtida uma correlação positiva de 0,85, caracterizando como forte correlação entre as variáveis formação de calo e enraizamento. O calo consiste em uma massa de células do parênquima, podendo ser um processo independente do enraizamento, entretanto em espécies que possuem difícil enraizamento a formação de raízes pode ocorrer na região do calo (Hartmann *et al.*, 2011). Deste modo, a presença de calo consistiu em fator determinante para o enraizamento de estacas da espécie, obtidas de plantas adultas, sendo uma característica atribuída para que ocorra a formação de raízes.

Para as variáveis número médio de raízes e comprimento médio de raízes de estacas foi constatada interação entre os fatores estudados, com comportamento linear crescente a partir do aumento das doses de AIB, após a realização da análise de regressão polinomial, para as estações de coleta de verão e outono. Assim como para as variáveis anteriores, não houve ajuste de regressão para as variáveis número e comprimento médio das raízes com aplicação de auxina exógena para estacas coletadas durante a primavera e inverno.

A dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB aplicada em estacas coletas durante o verão promoveu resultado superior para variável número de raízes com obtenção de média de 4,6 raízes/estaca (Figura 4A). Efeito similar de crescimento linear do número de raízes a partir do aumento de doses de AIB foi observado por Giacobbo *et al.* (2007) em estacas *Cydonia oblonga* (marmeleiro) cultivar EMC.

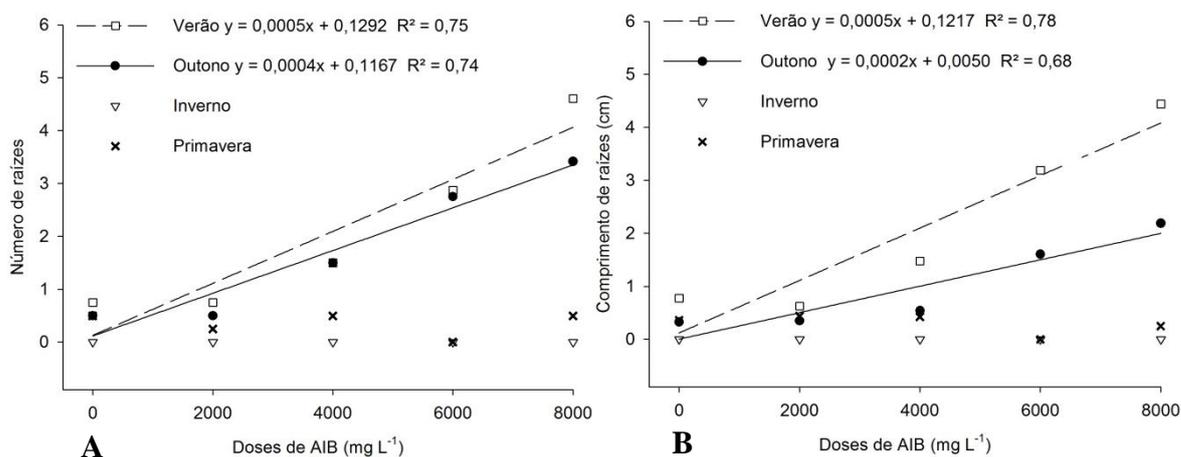


FIGURA 4. Número médio de raízes (A) e comprimento médio de raízes (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e épocas de coleta. Porto Alegre, 2018.

O maior comprimento médio de raízes também foi obtido com a dose de AIB de 8.000 mg L⁻¹ com estacas coletadas durante o verão, com obtenção de média 4,4 cm (Figura 4B). Conforme Tonietto *et al.* (2001), a utilização de AIB, além de induzir a formação das raízes, também contribui para antecipação da formação de raízes, possibilitando maior tempo para o seu desenvolvimento. Aumento linear do comprimento de raízes a partir o uso de AIB também foi observado por Gontijo *et al.* (2003), no qual estacas de *Malpighia emarginata* (acerola) responderam positivamente a partir do aumento da aplicação exógena de AIB.

A dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB gerou maior número de raízes e comprimento de raízes de estacas de noqueira-pecã, influenciando diretamente na propagação da espécie (Figura 5D). Em relação às doses mais baixas nas épocas no qual foi constatado o enraizamento, apenas houve a formação do calo ou emissão de poucas raízes com menor comprimento em relação a maior dose de AIB utilizada (Figura 5A).



FIGURA 5. Enraizamento com o uso da dose 2.000 mg L^{-1} (A), 4.000 mg L^{-1} (B), 6.000 mg L^{-1} (C) e 8.000 mg L^{-1} (D) de AIB em estacas de *C. illinoensis* coletadas no verão. Porto Alegre, 2018.

As variáveis analisadas também foram influenciadas diretamente pela temperatura interna da estufa agrícola com nebulização intermitente, principalmente devido à variação em relação aos meses do ano (Figura 2). Conforme Hartmann *et al.* (2011), existe interação entre a temperatura, fotoperíodo e concentração de auxinas e outros hormônios em relação ao processo de rizogênese de estacas. A temperatura consiste fator importante para enraizamento, no qual temperaturas elevadas favorecem a divisão celular e o enraizamento de estacas, entretanto, aumentando a transpiração e ocasionando o murchamento, principalmente em estacas herbáceas (Fachinello *et al.*, 2005).

Resultados superiores para as variáveis relacionadas ao enraizamento (formação de calo, enraizamento, número médio de raízes e comprimento médio de raízes por estacas) foram obtidos durante o verão, provavelmente devido a maior temperatura média do período e associado à maior lignificação das estacas e a presença de folha nas mesmas. A partir da diminuição da temperatura da estufa agrícola com nebulização intermitente em estacas coletadas durante o outono, houve diminuição das variáveis formação de calo, enraizamento, número e comprimento médio de raízes de estacas, além da falta de indução de raízes em temperaturas mais baixas durante o inverno. Os resultados caracterizam a importância da temperatura no processo de formação de raízes, assim como a utilização de AIB nas diferentes épocas de coleta. Maior enraizamento de *Prunus salicina* (ameixeira) cultivar Frontier também foi obtido com coletas realizadas durante o verão (janeiro e

março) por Dutra & Kersten (1996). Conforme Xavier *et al.* (2013), há uma diminuição do metabolismo de estacas em temperaturas baixas, ocasionando atraso ou evitando que ocorra o processo de indução e desenvolvimento de raízes.

Resultados inferiores foram obtidos em estacas coletadas durante o outono em relação ao verão, o que pode estar relacionado ao fato da nogueira-pecã ser uma espécie caducifólia e, durante a estação do outono, quando ocorre diminuição da temperatura, iniciar o processo de senescência de folhas e início da entrada do período de dormência. Conforme Hartmann *et al.* (2011), em plantas decíduas, no momento do início do período de dormência, há o acúmulo de fenóis e inibidores que ocasionam a diminuição da atividade dos tecidos jovens e câmbio, provocando, deste modo, a diminuição do enraizamento.

Estacas coletadas durante o inverno apresentaram pouca formação de calo e nenhuma formação de raízes. De acordo com Marangon & Biasi (2013), durante o inverno, plantas caducifólias encontra-se em estado de dormência, com ramos mais lignificados e baixa atividade fisiológica. A capacidade de enraizamento de diferentes espécies vegetais varia consideravelmente, com aumento na formação de raízes, principalmente quando estacas são coletadas em estações em que há atividade dos tecidos, no qual também há variação do efeito da aplicação exógena de auxina em relação ao ciclo anual de crescimento das plantas (Sen & Rajput, 2002). Deste modo, estacas coletadas durante o inverno, apresentaram maior lignificação do material propagativo em relação às demais épocas de coleta, além das plantas matrizes já estarem em estado de dormência, havendo assim a obtenção de resultados nulos para formação de raízes.

As variáveis massa fresca e seca de raízes foram influenciadas diretamente pelas doses de AIB e épocas de coleta das estacas, havendo interação entre os fatores. Assim como as demais variáveis que obtiveram interação, também foi observado incremento linear a partir do aumento das doses de AIB para estacas coletadas durante o verão e

outono. Maiores resultados médios foram obtidos com estacas coletadas durante o verão e a dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB com obtenção de resultados médios de 1.146,75 mg de massa fresca (Figura 6A) e 578,79 mg de massa seca de raízes de estacas de *C. illinoensis* (Figura 6B).

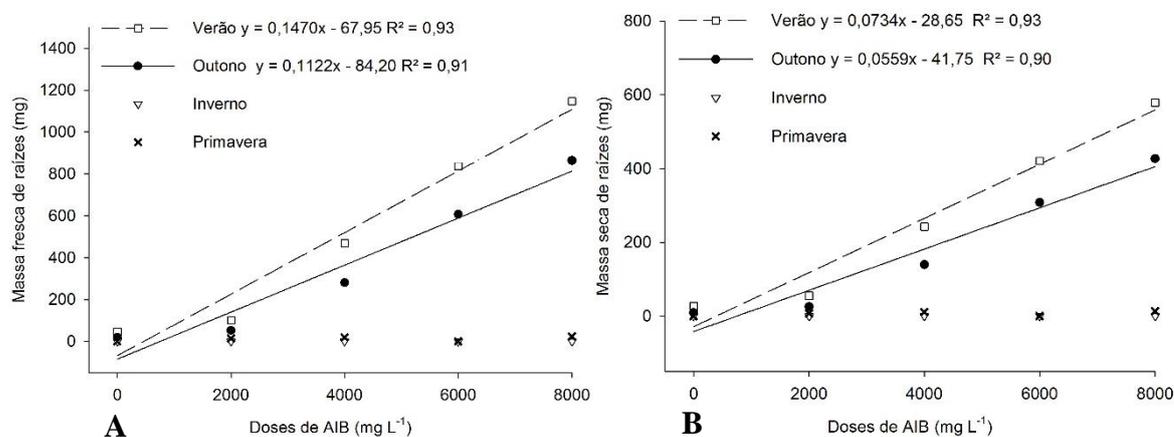


FIGURA 6. Média de massa fresca (A) e massa seca (B) de raízes de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e épocas de coleta. Porto Alegre, 2018.

Para as variáveis massa fresca e seca de raízes, estacas coletadas durante o verão obtiveram resultados superiores, com a dose de 8.000 mg L⁻¹, principalmente devido às demais variáveis avaliadas relacionadas ao enraizamento (número de raízes e comprimento de raízes), demonstrarem aumento linear semelhante em estacas coletadas na mesma época. Efeito semelhante no aumento da massa seca de raízes foi observado por PIO *et al.* (2003), em estacas de *Ficus carica* L. (figueira), com obtenção de aumento de forma linear da massa seca de raízes até a maior concentração de AIB.

Não houve interação entre os fatores testados para as variáveis estacas vivas, brotação e retenção foliar, porém observou-se efeito significativo para épocas do ano (Tabela 2). Os menores valores para a variável estacas vivas (18,5%) e de retenção foliar (16,5%), foram obtidos em estacas coletadas na primavera, devido principalmente à constituição herbácea das estacas, sendo as estacas extremamente tenras, portanto sensíveis às temperaturas elevadas na estufa agrícola com nebulização intermitente. Conforme Xavier *et al.* (2013), estacas herbáceas apresentam maior capacidade de enraizamento, entretanto devido a sua consistência tenra, apresentam maior desidratação e deterioração

do material. A desidratção e murchamento da estaca pode ocorrer principalmente devido à alta transpiração ocasionada por temperaturas elevadas (Fachinello *et al.*, 2005).

TABELA 2. Estacas vivas (%), retenção foliar (%) e brotação (%) de estacas de *C.illinoensis* coletadas em diferentes épocas do ano. Porto Alegre, 2018.

Época de coleta	Estacas vivas (%)*	Retenção foliar (%)*	Brotção (%)*
Primavera	18,5 c	16,5 b	16,0 c
Verão	73,5 b	61,5 a	47,0 b
Outono	66,5 b	57,5 a	40,5 b
Inverno	95,0 a	-	85,0 a
CV (%)	11,25	7,29	11,48

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As estacas herbáceas, extremamente tenras, coletadas na época da primavera são características desta espécie que é relatada como de brotação tardia, quando comparadas à outras espécies frutíferas de clima temperado. Fronza *et al.* (2015) relatam que o início da brotação da espécie ocorre nos meses de setembro e outubro. Conforme Oliveira *et al.* (2003), estacas de *Prunus persica* (pessegueiro), que também apresentam as características de baixa lignificação e presença de folha, apresentaram maior mortalidade em temperaturas elevadas devido ao aumento da transpiração, que ocasiona a desidratção e rápida degradação das reservas da estaca, mesmo em sistema de irrigação com nebulização intermitente.

Para a variável estacas vivas, foram alcançados resultados superiores com estacas coletadas no inverno (95%), conforme Tabela 2. A maior taxa de sobrevivência de estacas de inverno está atrelada a composição lenhosa do material propagativo e também pelo período de repouso vegetativo da espécie durante a estação de inverno em que há armazenamento de compostos de reserva.

A maior porcentagem de brotação também foi obtida com estacas coletadas durante o inverno (85%), devido principalmente ao aumento da temperatura com o transcorrer dos meses da instalação do experimento (Figura 2), além de mobilização de substâncias de reservas para gemas durante a saída do período de dormência, deste modo estimulando a brotação. Resultados semelhantes foram alçados em estacas de *Ficus carica* L. (figueira)

da variedade Roxo de Valinhos por Ohland *et al.* (2009), com maior média de brotação (70%), em estacas coletadas durante o inverno no mês de agosto.

Conforme Dutra *et al.* (2002) a utilização de AIB pode apresentar melhores resultados tanto quantitativamente, por meio do percentual de estacas enraizadas, quanto qualitativamente na formação do sistema radicular, por meio da massa seca e número de raízes produzidas. O efeito na qualidade do sistema radicular possui importância principalmente nas fases de aclimação e posterior desenvolvimento de mudas. Em relação às estacas de nogueira-pecã, principalmente para estacas coletadas durante o verão, houve efeito positivo tanto quantitativamente, com maior enraizamento, como para as variáveis relacionadas à qualidade do sistema radicular, como média de número de raízes e também comprimento médio de raízes, com o uso da dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB (Apêndice 1). A qualidade do sistema radicular é um fator primordial para garantir o vigor de estacas, devido a materiais que não possuem um bom enraizamento resultarem em materiais sem aproveitamento (Lajús *et al.*, 2007).

Com os resultados deste estudo, pode-se comprovar a possibilidade de propagação de nogueira-pecã por meio do resgate de material propagativo de plantas adultas e utilização de AIB, entretanto com a obtenção de resultados distintos em relação à época de coleta e dose de AIB. De acordo com Warren (2015), *C. illinoensis* é uma espécie que apresenta difícil enraizamento de estacas. Devido ao comportamento linear, principalmente da variável enraizamento, há necessidade de estudos complementares com o uso de doses superiores a 8.000 mg L⁻¹ de AIB, para a obtenção da estimativa da dose máxima e possibilidade de aumento da porcentagem de estacas enraizadas de *C. illinoensis*.

4.4 Conclusões

Há a possibilidade da propagação de *C. illinoensis* por meio da técnica da estaquia de plantas matrizes adultas em fase de produção.

Recomenda-se a realização da estaquia durante o verão, empregando estacas com aproximadamente 90 dias após a brotação e com folha, associada à aplicação de 8.000 mg L⁻¹ de AIB na base da estaca e utilização de sistema de irrigação por nebulização.

4.5 Referências

ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ANDERSEN, P.C. The pecan tree. **Horticultural Science Department**, Florida: University of Florida. Horticultural Science Department. 2012. 16 p. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS22900.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

BORGES, N. et al. Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.611-615, 2004.

DUTRA, L.F.; KERSTEN, E. Efeito do substrato e da época de coleta dos ramos no enraizamento de estacas de Ameixeira (*Prunus salicina* Lindl.). **Ciência rural**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 361–366, 1996.

DUTRA, L.F.; KERSTEN, E.; FACHINELLO, J.C. Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.59, n.2, p.327-333, 2002.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2005. 221 p.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J.J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2015. 301 p.

FRONZA, D. et al. Pecan cultivation: general aspects. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 2, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v48n2/1678-4596-cr-48-02-e20170179.pdf>>. Acesso em : 15 dez. 2018.

GIACOBBO, C.L.; FACHINELLO, J.C.; BIANCHI, V.J. Enraizamento de estacas do porta-enxerto de marmeleiro (*Cydonia oblonga* mill.) cv. EMC, em diferentes substratos, concentrações de ácido indolbutírico e enxertia de raiz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 64-70, 2007.

GONTIJO, T. C. A. et al. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de aceroleira utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 290–292, 2003.

GOOGLE MAPS. **Estação Experimental Agrônômica-UFRGS**. 2018. 1 imagem de satélite Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-30.1191205,-51.6665427,1001m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

GUSTAFSON, W.A. **Propagation techniques for rooting cuttings of pecan, *Carya illinoensis***. 1973. 126 f. Thesis (Master of Science) Kansas State University, Manhattan, 1973.

HAMANN, J.J. et al. **Cultivares de noqueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190468/1/DOCUMENTO-478.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

JANICK, J.; PAULL, R.E. **The encyclopedia of fruit and nuts**. Cambridge: Cambridge University, 2008. 954 p.

LAJÚS, C. R. et al. Ácido Indolbutírico no Enraizamento de Estacas Lenhosas de Figueira (*Ficus carica* L.). **Revista brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 1107-1109, 2007.

MARANGON, M. A.; BIASI, L. A. Estaquia de mirtilo nas estações do ano com ácido indolbutírico e aquecimento do substrato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 25–32, 2013.

NAQVI, S.S.M. Plant growth hormones: growth promoters and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of plant and crop physiology**. 2th. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 501-525

OHLAND, T. et al. Enraizamento de estacas apicais de figueira “Roxo de Valinhos” em função de época de coleta e AIB. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 74–78, 2009.

OLIVEIRA, A.P.; NIENOW, A.A.; CALVETE, E.O. Capacidade de enraizamento de estacas semilenhosas e lenhosas de cultivares de pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 282-285, 2003.

PIO, R. et al. Enraizamento de estacas apicais de figueira tratadas com sacarose e ácido indolbutírico por imersão rápida. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 35-38, 2003.

SEN, D.N.; RAJPUT, P. Ecophysiological Aspects of the Vegetative Propagation of Saltbush (*Atriplex* spp.) and Mulberry (*Morus* spp.). In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of plant and crop physiology**. 2th ed. Marcel Dekker: New York, 2002. p.127-142.

TONIETTO, A.; FORTES, G.R.L.; SILVA, J.B. Enraizamento de miniestacas de ameixeira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 373-376, 2001.

WARREN, C.J. **Evaluation of diferente propagation methods (budding, grafting and cuttings) for pecan**. 2015. 48 f. Thesis (Master of Horticulture) - College Station, Texas A&M University, Texas, 2015.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 279 p.

5 CAPÍTULO 3 - Substratos e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de plantas juvenis de *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch

RESUMO

A propagação assexuada por meio da técnica da estaquia de espécies arbóreas consiste em um método eficaz de manter as características desejáveis de plantas matrizes e a uniformidade entre plantas. Diversos fatores podem influenciar no sucesso da técnica de propagação, como substrato utilizado e aplicação exógena de reguladores de crescimento. O objetivo do presente trabalho foi determinar o substrato e a dose de ácido indolbutírico (AIB) mais adequados para o enraizamento de estacas juvenis de *Carya illinoensis*. O experimento foi realizado em estufa agrícola com nebulização intermitente, durante o período de fevereiro a maio de 2018. A nebulização foi configurada com 15 segundos de irrigação com acionamento a cada 5 minutos durante o dia (7 às 19 horas) e 15 segundos de irrigação com acionamento a cada 15 minutos durante a noite (19 às 7 horas). O delineamento experimental utilizado foi em blocos, com arranjo fatorial 3x5, no qual foram testados três substratos: casca de arroz carbonizada, vermiculita e perlita; e cinco doses de AIB: 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L⁻¹. As estacas utilizadas foram apicais, oriundas de 50 mudas produzidas por sementes, com oito meses de idade, confeccionadas com duas folhas cortadas ao meio e 8 a 10 cm de comprimento. Após 60 dias da instalação do experimento, foi realizada a avaliação de estacas com formação de calo (%), enraizamento (%), número médio de raízes de estacas, comprimento médio das três maiores raízes de estacas (cm), brotação (%), retenção foliar (%), estacas vivas (%), média de massa fresca e seca de raízes (mg). O uso de AIB influenciou nos resultados obtidos em conjunto com todos os substratos, exceto para variável número de raízes, no qual apenas houve efeito do AIB. No entanto, resultados superiores foram obtidos com o uso de AIB em conjunto com o substrato casca de arroz carbonizada, com obtenção do ponto máximo estimado de 91% de estacas enraizadas com a dose de 3.957 mg L⁻¹ de AIB. As demais variáveis avaliadas, exceto número médio de raízes, também obtiveram resultados superiores próximo a dose 4.000 mg L⁻¹ de AIB em conjunto com o substrato casca de arroz carbonizada. Os resultados obtidos indicam a possibilidade de propagação de *C. illinoensis* pela técnica da estaquia, sendo uma alternativa para produção de mudas clonais da espécie, com os melhores resultados obtidos com a utilização da dose de 4.000 mg L⁻¹ de AIB em conjunto com o substrato casca de arroz carbonizada.

Palavras – chave: mudas clonais; propagação assexuada; uniformidade.

Substrates and indolebutyric acid in the rooting of cuttings of juvenile plants of

Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch

ABSTRACT

Asexual propagation through the cutting technique of tree species is an effective method of maintaining features desirable of plant matrices and plant uniformity. Several factors may influence the success of the propagation technique, such as substrate used and exogenous application of growth regulators. In this context, the objective of the present work was to determine the substrate and the dose of indolebutyric acid (IBA) more suitable for the rooting of juvenile cuttings of *Carya illinoensis*. The experiment was performed in vegetation house with intermittent nebulization during the period from February to May 2018. The nebulization was configured with 15 seconds of irrigation with activation every 5 minutes during the day (7 a.m. to 7 p.m.) and 15 seconds of irrigation with activation every 15 minutes during the night (7 p.m. to 7 a.m.). The experimental design used was in blocks with a factorial arrangement of 3x5, in which were tested three substrates: carbonized rice husk, vermiculite and perlite; and five doses of IBA: 0, 2,000, 4,000, 6,000 and 8,000 mg L⁻¹. The cuttings were higher, forages of 50 seedlings produced by seeds, with eight months of age, made with two leaves cut in half and 8 to 10 cm in length. After 60 days of the experiment installation, was made the evaluation of cuttings with callus formation (%), rooting (%), average of roots number of cutting, average of length of the three largest roots of cutting (cm), sprouting (%), foliar retention (%), live cuttings (%), average fresh and dry mass of roots (mg). The use of IBA influenced the results obtained in conjunction with all substrates, except for variable number of roots, in which only the IBA effect was observed. However, higher results were obtained with the use of IBA in conjunction with the substrate carbonized rice husk, obtaining the estimated maximum point of 91% of rooted cuttings with the dose of 3,957 mg L⁻¹ of IBA. The other variables evaluated, except root numbers of cutting, also obtained superior results close to the 4,000 mg L⁻¹ IBA dose in conjunction with the substrate carbonized rice husk. The results indicate the possibility of propagation of *C. illinoensis* by the cutting technique, being an alternative for the production of clonal seedlings of the species, with the best results obtained with the use of the 4,000 mg L⁻¹ dose of IBA together with the substrate carbonized rice husk.

Keywords: clonal seedlings; asexual propagation; uniformity.

5.1 Introdução

Carya illinoensis (Wangenh) C. Koch, popularmente conhecida no Brasil como noqueira-pecã é uma espécie pertencente à família Juglandaceae, sendo nativa da América do Norte, no território do México e Estados Unidos. O cultivo da noqueira-pecã ocorre principalmente para a produção de nozes, com produção mundial na safra de 2017/2018 de 124.000 toneladas de noz-pecã, no qual Estados Unidos e México aparecem no cenário mundial como maiores produtores e responsáveis por 92% da produção de noz-pecã

(International Nut and Dried Fruit Council Foundation, 2018). O Brasil está inserido na lista de países produtores de noz-pecã, no qual também se encontram África do Sul, Canadá, China, Austrália e Argentina (Vendrame & Wetzstein, 2005). No país há aumento da área de cultivo de *C. illinoensis*, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, com mais de 5.000 hectares cultivados (Hamann *et al.*, 2018).

A produção comercial de mudas de noqueira-pecã pode ser realizada de forma sexuada, por meio da produção de mudas oriundas diretamente de sementes, formadas a partir da polinização cruzada, ou por meio da propagação assexuada, com o uso da técnica da enxertia (Janick & Paull, 2008; Fronza *et al.*, 2015). No entanto, os porta-enxertos oriundos de sementes apresentam diferenças entre a população, devido à variabilidade ocasionada principalmente pela troca de material genético entre as plantas durante a polinização cruzada (Warren, 2015).

Neste contexto, há necessidade de buscar formas de propagação que promovam o aumento da produção de mudas da espécie, além da manutenção de características importantes, como produtividade das plantas matrizes. Em diversas espécies florestais cultivadas com objetivos comerciais, a propagação vegetativa por estaquia e/ou miniestaquia foi a solução para manutenção destas condições genéticas favoráveis de plantas selecionadas.

A estaquia consiste em um processo de propagação assexuada, com a utilização de segmento caulinar, foliar ou radicular sobre algum substrato que favoreça o enraizamento e desenvolvimento da parte aérea na formação de uma nova planta (Xavier *et al.*, 2013). Entre as principais vantagens dessa técnica de propagação estão à manutenção de características desejáveis entre as plantas propagadas e havendo possibilidade do controle total de todas as fases do processo de multiplicação. A técnica da estaquia acarreta menor tempo para produção de mudas, além de não possuir os inconvenientes da enxertia como

variabilidade do porta-enxerto oriundo de semente e incompatibilidade (Oliveira *et al.*, 2003).

Existem diversos fatores que estão atrelados ao processo de enraizamento de estacas, como estado nutricional das plantas matrizes, tipo de estaca, temperatura, balanço hormonal e substrato (Fachinello *et al.*, 2005). Para haver a formação de raízes adventícias em estacas, há necessidade da presença de níveis ideais de reguladores de crescimento que favoreçam o processo de rizogênese (Xavier *et al.*, 2013). A auxina é um grupo de reguladores de crescimento que possui maior influência no processo de enraizamento na estaquia de estacas lenhosas e herbáceas de plantas arbóreas, principalmente em sua utilização de forma exógena, como aplicação de ácido indolbutírico (Petri *et al.*, 2016). Segundo Hartmann *et al.* (2011), as auxinas possuem efeito direto na formação de raízes na propagação vegetativa, devido favorecerem a atividade celular e também na sinalização de moléculas no desenvolvimento de eventos na formação de raízes.

Outro fator importante no processo de propagação por estaquia consiste na escolha e utilização de substratos adequados para este processo de produção de mudas. As propriedades físicas e químicas de diferentes substratos e misturas podem influenciar no processo de rizogênese (Hartmann *et al.*, 2011). Conforme Kämpf *et al.* (2006), o substrato utilizado na propagação está atrelado diretamente na qualidade das raízes formadas e no percentual de enraizamento. No momento da escolha do substrato mais adequado, é fundamental que ocorra a seleção de materiais que possibilitem a retenção suficiente de água, para não haver a desidratação da base das estacas e a presença de espaços de aeração para facilitar as trocas gasosas, e, deste modo, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (Yamamoto *et al.*, 2013).

Comercialmente existem inúmeros tipos de substratos para a propagação de plantas, com características físicas e químicas distintas. Entre os substratos mais comumente utilizados na estaquia estão: casca de arroz carbonizada, areia, vermiculita, perlita, húmus e

misturas de materiais mais porosos com materiais menos porosos, com alterações na formação do substrato em relação ao manejo realizado durante todo o ciclo de produção e a espécie que será propagada (Wendling *et al.*, 2005).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi determinar o substrato e a dose de ácido indolbutírico mais adequados para o enraizamento de estacas juvenis de *C. illinoensis*.

5.2 Material e métodos

Local do experimento

O experimento foi conduzido em estufa agrícola com nebulização intermitente do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante o período de fevereiro até maio de 2018.

Produção de mudas

As estacas utilizadas no experimento foram obtidas de 50 mudas oriundas de sementes produzidas no setor do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia. As sementes para a produção das mudas foram coletadas de seis plantas matrizes, com 38 anos de idade, em um pomar de *C. illinoensis*, localizado na Estação Experimental Agrônômica da Faculdade de Agronomia, no município de Eldorado do Sul (latitude 30°07'08" S, longitude 51°39'59" W e altitude média de 46 m). A coleta foi realizada antes da queda natural das nozes, durante o mês de abril de 2017.

Após a coleta das sementes, foi realizada a homogeneização das sementes em lote único e com posterior secagem natural das sementes até 8% de umidade. O teor de água foi determinado a partir da diferença percentual da massa inicial e final de quatro amostras de 100 g de sementes, após secagem em estufa elétrica sob temperatura de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante o período de 24 horas (Brasil, 2009). Após a secagem, as sementes foram armazenadas em câmara fria com temperatura de 5°C durante 90 dias até a realização da semeadura.

Nos mês de julho de 2017, foi feita a sementeira em embalagens plásticas com volume de 2,8 litros (12 x 25 cm), preenchidas com substrato comercial Carolina Soil II[®], com composição segundo o fabricante de: turfa de sphagnum, vermiculita expandida e casca de arroz carbonizada. Em cada embalagem foram semeadas duas sementes, previamente escarificadas na extremidade apical com o auxílio de lixa de madeira nº60. Transcorrido o período de 60 dias da sementeira, foi realizado o desbaste de plântulas, com a permanência de apenas uma plântula por embalagem.

Após 90 dias da sementeira, ocorreu o início da realização da adubação das mudas. A adubação ocorreu com a formulação adaptada de Lattuada (2014) para mudas da família *Myrtaceae*, com intervalo de realização da adubação de 14 dias e aplicação de 50 mL/planta da solução formada por 10 g L⁻¹ do fertilizante comercial Kristalon[®] (formulação 6-12-36). Conforme informações comerciais, o fertilizante utilizado possui a composição de 6% de Nitrogênio, (4,5% na forma nítrica e 1,5% amoniacal), 12% de Fósforo (P₂O₅), 36% Potássio (K₂O), 1,8% Magnésio (Mg), 8% Enxofre (S), 0,07% Ferro (Fe), 0,025% Boro (B), 0,01% Cobre (Cu), 0,04% Manganês (Mn), 0,004% Molibdênio (Mo) e 0,025% Zinco (Zn). Em conjunto com a adubação 50 mL/planta da solução de Kristalon[®], foi realizado a aplicação de 50 mL/planta da solução de 1 g L⁻¹ de nitrato de cálcio, havendo conforme informações comerciais do produto utilizado a concentração de 15,5 % de nitrogênio (14,4% na forma nítrica e 1,1% na forma amoniacal) e 26,5% de Óxido de Cálcio (CaO). As mudas foram mantidas durante todo o experimento em telado, com cobertura e paredes laterais com transparência de 50%.

Coleta de estacas

Após 180 dias da realização da sementeira para formação das plantas matrizes de nogueira-pecã, foi realizado o desbaste para a emissão de brotações. Após 21 dias do primeiro desbaste, foi realizado o segundo desbaste para promover o aumento das brotações. A primeira coleta para formação dos dois primeiros blocos do experimento foi

realizada 21 dias após o segundo desponete; e a segunda coleta de estacas para formação dos dois blocos finais foi realizada 21 dias após a primeira coleta, com a utilização de estacas apicais. Em cada coleta houve a homogeneização em lote único de estacas, confeccionadas com duas folhas cortadas pela metade, para diminuir a transpiração e consequentemente perda de água. O comprimento médio de cada estaca foi de 8 a 10 cm, com a realização de corte reto na extremidade basal de cada estaca.

Tratamentos e condições experimentais

O delineamento experimental utilizado foi em blocos, com a utilização de esquema fatorial 3x5 (substratos x doses de AIB), com quatro blocos de 10 estacas/parcela e com total de 40 estacas por tratamento. Os tratamentos consistiram na combinação de três substratos: casca de arroz carbonizada, vermiculita e perlita; e de cinco doses de AIB: 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L⁻¹.

Os tratamentos de AIB foram oriundos de soluções hidroalcoólicas, para melhorar a dissolução do AIB, com o uso de ácido indol-3-butírico (C₁₂H₁₃NO₂) p.a e com 99% de pureza (Vetec®), utilizando como solvente 50% de álcool etílico 48% e o restante da solução completada com água destilada, adaptado de Fachinello *et al.* (2005). Houve a imersão de 3 cm das bases das estacas pelo período de 10 segundos nos diferentes tratamentos de doses de AIB. Posteriormente, as estacas foram acondicionadas em bandejas de polietileno expandido com 50 células (58 x 30 x 9 cm) e volume de 100 cm³/célula, preenchidas com os respectivos tratamentos de substratos. As estacas foram mantidas em bancadas de alvenaria em estufa agrícola com nebulização intermitente, com a utilização de aspersores com capacidade de vazão de 8,7 m³ hora. O período de irrigação consistiu em 15 segundos e acionamento a cada 5 minutos durante o período diurno (7 às 19 horas) e irrigação de 15 segundos e acionamento a cada 15 minutos durante o período noturno (19 às 7 horas). A temperatura média e umidade relativa do ar da estufa agrícola

com nebulização intermitente foram monitoradas diariamente por meio da utilização de termo - higrômetro digital da marca AKSO® (Figura 1).

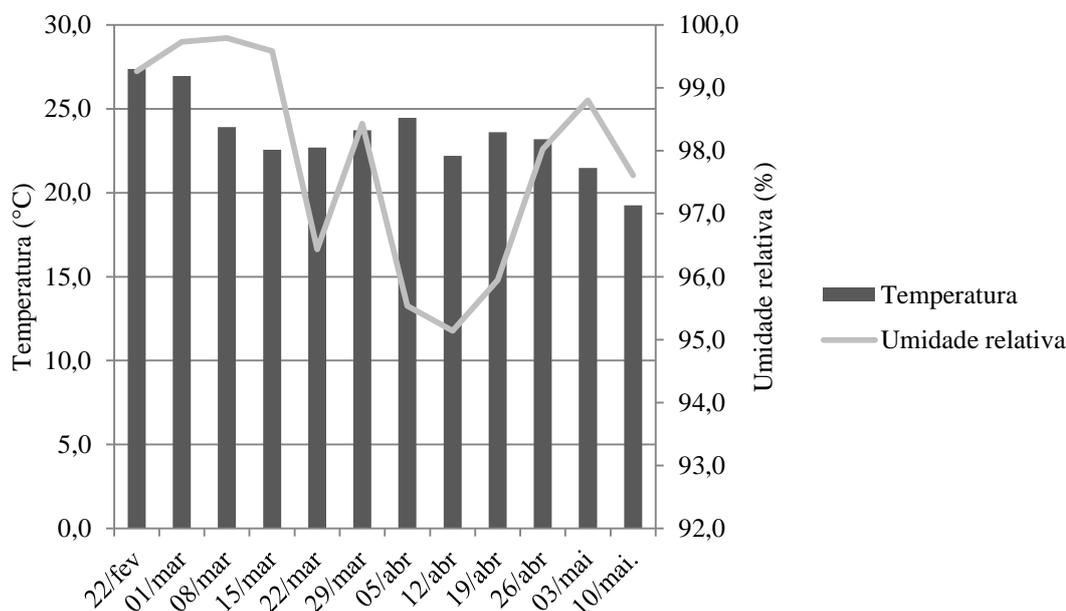


FIGURA 1. Médias semanais de temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa agrícola com nebulização intermitente no período de 22 de fevereiro a 14 de maio de 2018. Porto Alegre, 2018.

Os substratos utilizados nos tratamentos do experimento foram submetidos à análise química e física, para avaliar variáveis importantes que podem influenciar no processo de propagação de estacas juvenis de *C. illinoensis*, como o pH, condutividade elétrica, espaço de aeração e capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm. A análise química e física completa foi realizada com amostras retiradas no momento da instalação e depois de transcorrido o período de avaliação do experimento.

Avaliações do experimento

As avaliações foram realizadas 60 dias após a instalação dos tratamentos do experimento. Os parâmetros avaliados e calculados foram estacas com formação de calo (%), enraizamento (%), estacas vivas (%), brotação (%), retenção foliar (%), número médio de raízes por estaca, comprimento médio das três maiores raízes de estacas (cm), média de massa fresca e seca de raízes (mg). O comprimento médio das três maiores raízes de estacas foi obtido com a utilização de régua graduada. A massa fresca e seca de raízes

foram pesadas em balança analítica de precisão, sendo a massa seca obtida após estabilização do peso em estufa de secagem a 65°C. As raízes para determinação da massa fresca foram previamente submetidas à limpeza em água corrente para retirada de resquícios de substrato e após a pesagem foram alocadas na estufa de secagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão polinomial para resultados significativos entre a interação de fatores e das doses de AIB, com adoção do modelo que apresentou diferença significativa pelo teste F ($p < 0,05$). A análise estatística foi realizada mediante o uso dos programas Sigmaplot 10.0 e Sisvar 5.6.

5.3 Resultados e discussão

Em relação aos resultados, houve interação significativa entre os diferentes substratos e doses de AIB para as variáveis estacas com formação de calo, enraizamento, comprimento médio das três maiores raízes, média de massa seca e fresca de raízes de estacas. Para a variável número médio de raízes por estaca houve apenas significância da dose AIB. As variáveis estacas vivas, retenção foliar e brotação não apresentaram significância, sendo suas médias de 94,5%, 92% e 77,5% respectivamente.

Por meio da análise de regressão polinomial, as variáveis mencionadas que apresentaram significância para interação, demonstraram comportamento de natureza quadrática negativa, exceto a variável comprimento médio das três maiores raízes, no qual a interação entre o substrato vermiculita e doses de AIB apresentou comportamento linear.

As variáveis formação de calo e estacas enraizadas obtiveram resultados superiores até seus respectivos pontos máximos estimados das doses de AIB, com a obtenção 94% de estacas com formação de calo com a dose de 4.032 mg L⁻¹ de AIB (Figura 2A) e 91% de estacas enraizadas com a dose de 3.957 mg L⁻¹ de AIB (Figura 2B), ambas doses em conjunto com o substrato casca de arroz carbonizada. As variáveis formação de calo e enraizamento apresentaram resultados semelhantes, no qual foi observado que somente houve enraizamento em estacas com a presença de calo. Segundo Hartmann *et al.* (2011), a

formação de calo, que consiste em uma massa de células do parênquima, pode ser um processo independente, no entanto em espécies de difícil enraizamento as raízes podem ser oriundas principalmente da região do calo. A aplicação de AIB favoreceu a formação de calo e enraizamento, caracterizando o efeito da aplicação da auxina exógena no processo de propagação por estaquia da espécie.

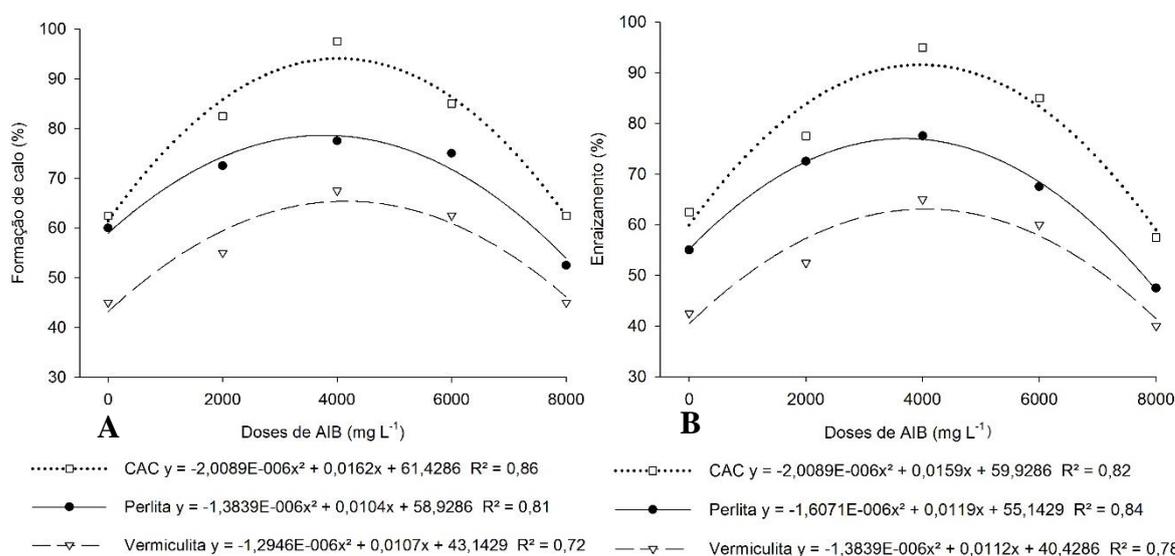


FIGURA 2. Formação de calo (A) e enraizamento (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e substratos. (CAC: Casca de Arroz Carbonizada) Porto Alegre, 2018.

Auxinas exógenas possuem efeito benéfico no enraizamento, pois agem como sinal para a inicialização da divisão celular e formação do meristema radicular (Mercier, 2008). Conforme Fachinello *et al.* (2005), a partir da aplicação de auxinas exógenas e com outros requerimentos fisiológicos satisfeitos ocorre a formação de calo e emissão de raízes adventícias, devido a ativação de células. A formação de calo e raízes podem ser processos independentes, contudo para espécies que possuem difícil enraizamento, a emissão de raízes pode ocorrer no local onde foi originado o calo (Hartmann *et al.*, 2011). A formação de raízes em estacas de *C. illinoensis* foi apenas observada em estacas com formação de calo, no qual foi obtida uma correlação positiva de 0,95, caracterizando como forte correlação entre a variável formação de calo e enraizamento, evidenciando uma característica do enraizamento de estacas juvenis da espécie. Aspecto semelhante foi

descrito por Barbosa *et al.* (2007), no qual não houve a obtenção de estacas enraizadas de *Pyrus* spp. (pereira) da variedade híbrida 'Limeira' sem a presença de calo, e havendo apenas a formação de raízes na proximidade da região cambial e sobre o tecido caloso formado na extremidade das estacas.

A formação de calo e enraizamento apresentaram doses semelhantes de AIB em seus pontos máximos estimados, entretanto, a partir de doses superiores a esse ponto, houve decréscimo da porcentagem de estacas com formação de calo e enraizamento. Doses de auxinas aplicadas abaixo de um nível ótimo apresentam ineficiência no enraizamento, todavia, doses situadas acima deste nível podem acarretar danos ao material propagativo e inibir o enraizamento (Paes, 2002). Deste modo, doses de AIB superiores aos pontos máximos estimados da curva de regressão ocasionaram efeito tóxico em estacas juvenis de *C. illinoensis*, diminuindo a formação de calo e enraizamento, além de ocasionar necrose na extremidade basal das estacas da espécie.

Resultados semelhantes foram obtidos com estacas de *Juglans nigra* L., no qual, após ponto máximo de enraizamento com a utilização de AIB, ocorreu decréscimo da porcentagem de estacas enraizadas da espécie (Stevens & Pijut, 2017). Conforme Catarina & Carvalho (2004), no enraizamento de estacas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax, a melhor dose para enraizamento foi de 6.000 mg L⁻¹ de AIB, ocorrendo posteriormente decréscimo acentuado no enraizamento devido ao possível efeito tóxico em altas doses de AIB. Os resultados do presente estudo diferem dos obtidos por Gustafson (1973), no qual houve obtenção de 90% de enraizamento de estacas provenientes de plantas oriundas de sementes de *C. illinoensis*, com nove anos de idade, porém com a utilização da dose de AIB de 8.000 mg L⁻¹ e período de imersão das estacas na solução da dose de AIB durante dois segundos.

Conforme Hartmann *et al.* (2011), o tempo de imersão da aplicação em hormônios de enraizamento também pode influenciar os resultados obtidos, havendo imersões longas

durante o período de horas ou imersões rápidas que duram apenas poucos segundos. Deste modo, o tempo de imersão de 10 segundos em doses superiores dos pontos máximos estimados, ocasionaram efeito decrescente no enraizamento, assim como toxidez e necrose da base da estaca na qual ocorreu a aplicação das soluções de AIB (Figura 3A).

Não houve interação significativa para variável número de raízes, porém houve efeito significativo das doses de AIB com comportamento quadrático negativo da curva de regressão (Figura 4A). O maior número de raízes foi obtido com o ponto máximo estimado com a dose de 4.922 mg L^{-1} de AIB, com média 3,74 raízes/estaca, destacando o efeito positivo do AIB para aumento do número médio de raízes/estaca (Figura 3B). De acordo com Xavier *et al.* (2013), doses de AIB adequadas variam de acordo com a espécie e favorecem a formação de raízes adventícias, principalmente, devido sua menor mobilidade química e maior estabilidade na estaca, no entanto doses supra ótimas podem inibir a formação de raízes.



FIGURA 3. Necrose na extremidade basal com o uso da dose de 8.000 mg L^{-1} AIB (A) e enraizamento com o uso da dose de 4.000 mg L^{-1} (B) de estacas de *C. illinoensis* em substrato casca de arroz carbonizada. Porto Alegre, 2018.

Resultados semelhantes com a obtenção de aumento do número de raízes/estaca com aplicação de AIB foram encontrados na estaquia de porta-enxertos de *Prunus persica* (pessegueiro), no qual a dose de 4.000 mg L^{-1} apresentou o melhor resultado, com a obtenção de 12,49 raízes/estaca (Silva, 2015).

Em relação ao comprimento médio das três maiores raízes de estacas, novamente houve interação significativa conforme a análise de regressão realizada para essa variável (Figura 4B). O melhor resultado foi alcançado com o ponto máximo estimado com a dose de 4.723 mg L⁻¹ de AIB, em conjunto com a casca de arroz carbonizada, com obtenção do comprimento médio das três maiores raízes de 4,88 cm. Segundo Hartmann *et al.* (2011), auxinas utilizadas na propagação por estaquia podem propiciar o desenvolvimento de um sistema radicular de melhor qualidade em relação ao vigor, uniformidade e volume de raízes nas estacas enraizadas. Conforme Üçler *et al.* (2004), estacas semi-lenhosas de *Actinidia deliciosa* A.Chev, coletadas durante o verão também apresentaram efeito positivo no comprimento de raízes com o aumento da dose de AIB, no qual ocorreu o melhor resultado com a dose de 6.000 mg L⁻¹.

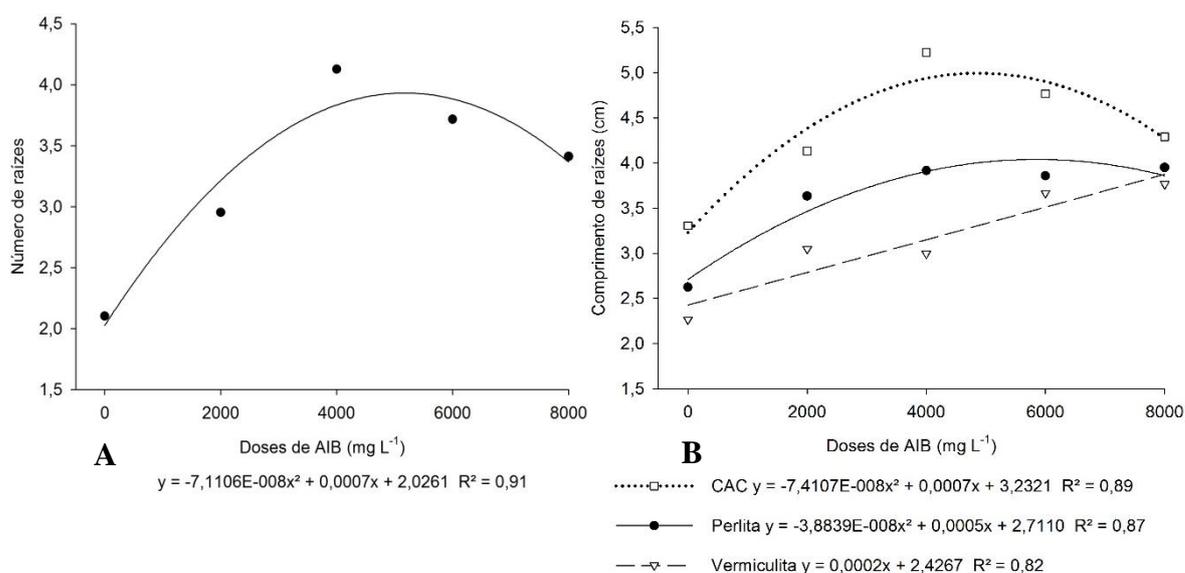


FIGURA 4. Número médio de raízes (A) e comprimento médio das três maiores raízes (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e substratos. (CAC: Casca de Arroz Carbonizada). Porto Alegre, 2018.

As variáveis média de massa fresca e seca de raízes das estacas foram influenciadas diretamente pelas doses de AIB e substratos, no qual resultados superiores foram obtidos com pontos máximos estimados com as doses de AIB de 4.357 mg L⁻¹ e obtenção de 998,73 mg para massa fresca de raízes (Figura 5A) e de 4.644 mg L⁻¹ e obtenção de 465,89 mg de massa seca de raízes (Figura 5B), em conjunto com o substrato casca de arroz carbonizada. Os resultados superiores para estas variáveis foram obtidos,

principalmente, devido às faixas dos pontos máximos estimados estarem próximos a dose de 4.000 mg L⁻¹ de AIB para variáveis avaliadas que influenciam diretamente o peso da massa fresca e seca das raízes de estacas, como o comprimento de raízes e número de raízes de estacas de *C. illinoensis*, os quais obtiveram resultados superiores próximo a essa faixa de 4.000 mg L⁻¹ de AIB em conjunto com o substrato casca de arroz carbonizada.

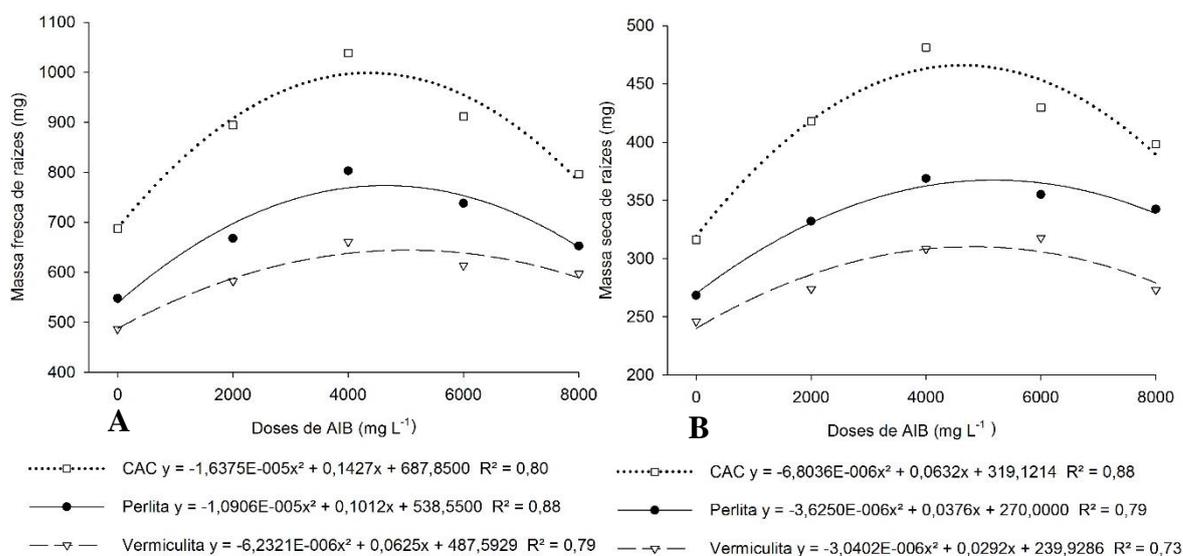


FIGURA 5. Média de massa fresca (A) e massa seca (B) de estacas de *C. illinoensis* submetidas a diferentes doses de AIB e substratos. (CAC: Casca de Arroz Carbonizada). Porto Alegre, 2018.

Em relação aos substratos, a casca de arroz carbonizada proporcionou resultados superiores para as variáveis analisadas neste estudo em conjunto com o uso do ácido indolbutírico, além de favorecer o desenvolvimento radicular das estacas juvenis da espécie.

Segundo Hartmann *et al.* (2011), a resposta ao enraizamento de algumas espécies está relacionada à composição química e física de alguns substratos, principalmente em relação à difusão de gases e aeração. Segundo o mesmo autor, alguns substratos podem manter uma alta quantidade de água e obstruir a passagem de oxigênio, afetando diretamente o desenvolvimento e crescimento das raízes iniciais devido à formação de uma lâmina ao redor das estacas, prejudicando desse modo o enraizamento e desenvolvimento das raízes. A casca de arroz carbonizada apresentou maior espaço de aeração (EA) e menor

capacidade de retenção de água em relação aos demais substratos utilizados no experimento (Tabela 1), com respectivamente 68,67% (EA) e 16,31% (CRA 10) no momento da instalação do experimento e 70,68% (EA) e 20,78% (CRA 10) depois de transcorridos 60 dias da instalação do experimento.

TABELA 1. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), espaço de aeração (EA) e capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água (CRA 10) de três substratos utilizados na estaquia de *C. illinoensis*. Porto Alegre, 2018.

Substrato	pH (H ₂ O)	CE (mS.cm ⁻¹)	EA (%)	CRA 10(%)
CAC ¹	7,28	0,070	68,67	16,31
Vermiculita	6,22	0,010	22,20	50,71
Perlita	6,50	0,010	24,61	32,05
CAC 60D ²	6,41	0,020	70,68	20,78
Vermiculita 60D	6,47	0,023	30,77	61,15
Perlita 60D	6,56	0,016	33,52	48,12
CV (%)	1,12	13,33	4,23	5,10

¹CAC = Casca de arroz carbonizada. ²60D = 60 dias de permanência do substrato em estufa agrícola com nebulização intermitente.

Conforme Xavier *et al.* (2013), os substratos utilizados na propagação por estaquia devem apresentar boa aeração, pois o oxigênio é indispensável para formação e surgimento de raízes, havendo variação dos substratos em relação ao ambiente e espécies. Conforme Adams & Fonteno (2011), substratos com menor espaço de aeração acarretam diminuição no desenvolvimento radicular e tornam as raízes mais suscetíveis a doenças relacionadas a podridões.

De acordo com Kämpf *et al.* (2006), o sistema de nebulização intermitente também possui influência na escolha do substrato, exigindo elevado espaço de aeração e rápida drenagem, devido à alta frequência que a água é oferecida ao material propagativo. O sistema de nebulização utilizado no experimento apresentava um curto intervalo de acionamento de 5 minutos e período de irrigação de 15 segundos durante o período diurno (7 às 19 horas) e acionamento a cada 15 minutos e período de irrigação de 15 segundos durante o período noturno (19 às 7 horas). Deste modo, a casca de arroz carbonizada apresentou os melhores resultados, nas condições experimentais testadas, pois continha o maior espaço de aeração e menor capacidade de retenção de água sobre as estacas,

fornecendo deste modo melhores condições para o enraizamento de estacas juvenis de *C. illinoensis*.

Souza *et al.*, (2006), salientam que o uso de casca de arroz carbonizada pura deve ser realizado em sistemas com alta intensificação da frequência de irrigação. Os substratos vermiculita e perlita apresentaram menor EA e maior CRA 10 em relação à casca de arroz carbonizada, influenciando diretamente nas variáveis analisadas relacionadas ao enraizamento nas condições experimentais testadas (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtido por Roberto *et al.* (2004), no qual houve melhor desenvolvimento radicular de estacas de porta-enxertos de *Vitis labrusca* (videira), com o uso da casca de arroz carbonizada, devido a melhor oxigenação e drenagem deste substrato.

Na realização da propagação por estaquia, as variáveis pH e condutividade elétrica possuem baixa influência na fase inicial de enraizamento, devido a estarem relacionados principalmente na absorção de nutrientes, desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea de plantas após o enraizamento. Todos os substratos utilizados apresentavam acidez, com exceção da casca de arroz carbonizada, com pH mais alcalino no momento da instalação do experimento (7,28). Em relação à condutividade elétrica todos os substratos apresentavam valores baixos para essa variável.

Todavia, o pH e condutividade elétrica são variáveis importantes após o enraizamento, principalmente por estarem relacionados a atividades fisiológicas e na absorção de nutrientes. O pH de substratos para produção de mudas deve apresentar acidez para melhorar o desenvolvimento, com valores de pH de 5,0 a 5,8 para substratos de origem orgânica e 6,0 a 6,5 para substratos de origem mineral (Kämpf, 2005). De acordo com Kämpf *et al.* (2006), os substratos mais indicados para a propagação de plantas necessitam ter condutividade elétrica inferior a $0,8 \text{ mS.cm}^{-1}$.

Nas condições experimentais da realização do trabalho e com a utilização de estacas juvenis de *C. illinoensis*, há possibilidade de propagação da espécie de forma

assexuada com a técnica da estaquia. O uso dos tratamentos com substrato casca de arroz carbonizada em conjunto com a utilização da auxina AIB, com pontos máximos estimados próximo a dose de 4.000 mg L⁻¹, proporcionaram resultados superiores para variáveis relacionados ao enraizamento de forma quantitativa, evidenciando a possibilidade do enraizamento de estacas juvenis de *C. illinoensis*.

Além dos pontos quantitativos obtidos no enraizamento, houve melhoria de aspectos de forma qualitativa na formação do sistema radicular, que possuem papel fundamental para melhorar o desenvolvimento de mudas propagadas pelo método de estaquia, como maior comprimento e massa seca de raízes de estacas, além do número de raízes (Apêndice 2). Conforme Oliveira *et al.* (2005), variáveis relacionadas ao enraizamento como o número e comprimento de raízes são importantes principalmente para a sobrevivência e desenvolvimento de plantas após a formação do sistema radicular.

5.4 Conclusão

Recomenda-se a dose de 4.000 mg L⁻¹ AIB, combinada ao uso do substrato casca de arroz carbonizada para a propagação vegetativa por meio de estacas juvenis de *C. illinoensis* em estufa agrícola com nebulização intermitente.

5.5 Referências

ADAMS, R.; FONTENO, W. Media. In: NAU, J. (Ed). **Ball redbook**: crop production. Illinois: Ball publishing, 2011. p. 21-31.

BARBOSA, W. et al. Enraizamento de estacas lenhosas de pereira tratadas com AIB e mantidas em ambiente de estufa tipo B.O.D. e de telado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 589–594, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação Geral de Apoio Laboratorial. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

CATARINA, A.; CARVALHO, M. Influência da concentração do regulador de crescimento para enraizamento AIB na formação de mudas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax por estaquia. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 17–29, 2004.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2005. 221 p.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J.J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2015. 301 p.

GUSTAFSON, W.A. **Propagation techniques for rooting cuttings of pecan, *Carya illinoensis***. 1973. 126 f. Thesis (Master of Science) Kansas State University, Manhattan, 1973.

HAMANN, J.J. et al. **Cultivares de noqueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190468/1/DOCUMENTO-478.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

INTERNATIONAL NUT AND DRIED FRUIT COUNCIL FOUNDATION. **Nuts & dried fruits: statistical yearbook 2017/2018**. Disponível em: <https://www.nutfruit.org/files/tech/1523960263_INC_Statistical_Yearbook_2017-2018.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2018.

JANICK, J.; PAULL, R.E. **The encyclopedia of fruit and nuts**. Cambridge University: Cambridge, 2008. 954 p.

KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 254 p.

KÄMPF, A.N.; TAKANE, R.J.; SIQUEIRA, P.T.V. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. 132p.

LATTUADA, D.S. **Avanços na propagação vegetativa de *Eugenia uniflora* e *Plinia peruviana***. 2014. 126 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MERCIER, H. Auxina. In: KERBAUY, G.B. (Ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.182-210.

OLIVEIRA, A.P.; NIENOW, A.A.; CALVETE, E.O. Capacidade de enraizamento de estacas semilenhosas e lenhosas de cultivares de pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 282-285, 2003.

OLIVEIRA, A.P.; NIENOW, A.A.; CALVALETE, E.O. Qualidade do sistema radicular de estacas semilenhosas e lenhosas de pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 346-348, 2005.

PAES, E.G.B. **Enraizamento de estacas de kiwizeiro com fitorreguladores nas quatro estações do ano**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PETRI, J.L. et al. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016, 141 p.

ROBERTO, S. R. et al. Enraizamento de estacas herbáceas dos porta-enxertos de videira Campinas (IAC 766) e Jales 146 (IAC) 572 em diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1633–1636, 2004.

SILVA, K.N. **Propagação de potenciais porta-enxertos de pessegueiro por estacas lenhosas com auxílio de AIB**. 47 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

SOUZA, P.V.D.; CARNIEL, E.; FOCESATO. Composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.276-279, 2006.

STEVENS, M. E.; PIJUT, P. M. Origin of adventitious roots in black walnut (*Juglans nigra*) softwood cuttings rooted under optimized conditions in a fog chamber. **New Forests**, Dordrecht, v. 48, n. 5, p. 685–697, 2017.

ÜÇLER, A. Ö.; PARLAK, S.; YÜCESAN, Z. Effects of IBA and cutting dates on the rooting ability of semi-hardwood kiwifruit (*Actinidia deliciosa* A. Chev.) cuttings. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 28, n. 3, p. 195–201, 2004.

VENDRAME, W.; WETZSTEIN, H. *Carya illinoensis*. In: LITZ, R.E. (Ed). **Biotechnology of fruit and nut crops**. Oxfordshire: CABI, 2005. p. 298-304.

WARREN, C.J. **Evaluation of different propagation methods (budding, grafting and cuttings) for pecan**. 2015. 48 f. Thesis (Master of Horticulture) - College Station, Texas A&M University, Texas, 2015.

WENDLING, I.; PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Técnicas de produção de mudas de plantas ornamentais**. Viçosa: Aprenda fácil, 2005. v.3, 223 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 279 p.

YAMAMOTO, L. Y. et al. Substrates on rooting of blackberry Xavante herbaceous cuttings. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 15–20, 2013.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sementes de *C. illinoensis* apresentam elevada variabilidade na germinação, havendo necessidade de uniformizar as melhores condições para haver o processo de germinação, para testes, assim como para produção comercial de porta-enxertos. A promoção da formação de plântulas normais se dá com a utilização de temperatura a 25 °C e ausência de luminosidade, portanto essas condições podem ser indicadas como padrões para o teste de germinação de sementes da espécie.

Técnicas alternativas para produção de mudas de noqueira-pecã, especificamente clonais, são de grande importância para melhorar o desenvolvimento de plantas e produtividades de pomares. A técnica de estaquia demonstrou apresentar possibilidade de propagação da espécie, porém com resultados distintos em relação à origem e idade do material propagativo utilizado. As utilizações de estacas juvenis apresenta enraizamento sem a necessidade da utilização de AIB, entretanto havendo a otimização dos resultados a partir de sua aplicação. Melhores resultados foram alcançados até o ponto máximo estimado de AIB para cada variável significativa avaliada, sendo indicada a dose de 4.000 mg L⁻¹ de AIB, dose em que variáveis relacionadas ao enraizamento alcançarem pontos máximos estimados próximos.

Substratos apresentam diferentes composições químicas e físicas, acarretando em diferenças em relação ao enraizamento de estacas juvenis de noqueira-pecã. O sucesso de enraizamento de estacas também está relacionado com a interação dos substratos com o sistema de irrigação, devido à irrigação ser um dos principais fatores envolvidos na sobrevivência de estacas e enraizamento. Nas condições de irrigação utilizadas, a casca de

arroz carbonizada apresentou melhores resultados, principalmente por suas características físicas de elevado espaço de aeração e baixa retenção de água. Deste modo, caracterizando a importância da escolha correta do substrato em relação à espécie estudada e do sistema irrigação utilizado na propagação da espécie.

Estacas oriundas de plantas matrizes adultas em fase de produção necessitam de aplicação de AIB para que ocorra o enraizamento. Melhores resultados foram obtidos com estacas coletadas no verão e dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB. Porém, não foi alcançado o ponto de saturação, indicando que há a possibilidade de resultados superiores com doses maiores, até o ponto de saturação no qual haveria decréscimo de enraizamento de estacas da espécie. A época de coleta de estacas de plantas adultas possui distinção em relação aos resultados positivos, principalmente para enraizamento, no qual foram observados resultados superiores durante o verão e com a utilização de AIB. Estudos complementares devem ser realizados sobre a propagação de noqueira-pecã pela técnica de estaquia, com posterior aclimação de mudas após o processo de propagação e desenvolvimento de plantas a campo.

Os resultados deste estudo cumpriram com as primeiras etapas de investigação da possibilidade de propagação por estaquia de *C. illinoensis*. Esta espécie possui imenso potencial de aumento das áreas plantadas no país, inclusive podendo ser explorado pomares comerciais com maior densidade de plantio e, conseqüentemente, produtividade. Entretanto, para que essa realidade possa ser concretizada no futuro, há necessidade de produção de mudas, incluindo porta-enxertos com maior adaptabilidade e homogeneidade de características. Portanto, estudos posteriores à este serão realizados a fim de completar o processo produtivo de mudas propagadas por estaquia, como possibilidade de implantação de mini-jardim clonal a partir do uso de mudas oriundas de estacas, além de posteriormente, testar a adaptação destas mudas em condições de plantio.

7 APÊNDICES



APÊNDICE 1. Enraizamento de estacas de *C. illinoensis* com o uso da dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB e coletadas no verão. Porto Alegre, 2018.



APÊNDICE 2. Enraizamento de estacas de *C. illinoensis* com o uso da dose de 4.000 mg L^{-1} de AIB em substrato casca de arroz carbonizada. Porto Alegre, 2018.