



## ARTIGO ORIGINAL

**Luminosidade e temperatura na germinação de sementes de noqueira-pecã**

Márcio Alberto Hilgert<sup>1</sup>, Larissa Campos de Sá<sup>1</sup>, João Jaci de Medeiros Junior<sup>1</sup>, Marília Lazarotto<sup>2</sup>, Paulo Vitor Dutra de Souza<sup>1</sup>

**Resumo** - O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da luminosidade e temperatura na germinação de sementes de *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. Para uniformizar o processo de embebição, as sementes foram previamente submetidas ao processo de escarificação mecânica. 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 de 12 horas) e quatro condições de temperatura (20°C, 25°C, 30°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas a 25°C), com cinco repetições. Variáveis avaliadas foram 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 TMG, assim como proporciona maior comprimento de raízes e parte aérea. Entretanto, 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*.

**Palavras-chave:** *Carya illinoensis*. Embebição. Escarificação. Plântulas normais.

**Luminosity and temperature on pecan seed germination**

**Abstract** - The objective of present work was to evaluate the effect of luminosity and temperature on *Carya illinoensis* germination seeds. In order to standardize imbibition process, seeds were previously submitted to scarification process. 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 hours) and four temperature conditions (20°C, 25°C, 30°C and alternating 12 hours at 15°C and 12 hours at 25°C), with five replicates. Variables evaluated were emission of radicle (%), seed germination rate (SGR), germination time (GT), normal seedlings (%), abnormal seedlings (%), hard seeds (%), dead seeds (%) root and shoot length (mm/seedling). Combination of absence of light and high temperature favors the emission of the radicle, SGR and reduces GT, as well as provides greater root and shoot length. 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.

**Keywords:** *Carya illinoensis*. Imbibition. Scarification. Normal seedlings.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Avenida Bento Gonçalves, nº 7712, Bairro Agronomia – CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Autor para correspondência: [marcioahilgert@yahoo.com.br](mailto:marcioahilgert@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas, Rua Benjamin Constant, nº 989, Bairro Porto, CEP 96010-020 Pelotas, RS, Brasil.





## Introdução

*Carya illinoensis* 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, a noqueira-pecã possui inflorescências monoico-diclina, com flores do tipo estaminadas do ciclo de florescimento, formadas em ramos 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 (INC, 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 a incentivos fiscais para reflorestamentos nas décadas de 60 e 70 do século XX (FRONZA; HAMANN, 2016). 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 plantados (HAMANN *et al.*, 2018).

O cultivo é realizado, principalmente, para a produção de nozes para consumo in natura ou processada. No entanto, há a possibilidade do seu uso para extração de óleo com a finalidade de produção de remédios, 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 (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 e testes de germinação de sementes de noqueira-pecã foram realizados para que se proponham métodos de germinação uniformes e eficazes para testes de germinação e também em relação à produção de porta-enxertos. Contudo, Poletto *et al.* (2016), obteve resultados satisfatórios por meio da utilização de técnicas de superação de dormência e armazenamento de sementes de noqueira-pecã, colaborando com a importância destes estudos em testes de germinação com a espécie.

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 ótimas que favorecem a obtenção de maior taxa de germinação e temperaturas acima e abaixo da temperatura ótima que desfavorecem o processo de germinação (BATLLA; ARNOLD, 2015). 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.

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, há necessidade de trabalhos que solucionem esta lacuna. Deste modo, objetivou-se, neste trabalho, verificar o regime de luminosidade e a temperatura mais adequada 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.

## 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 ± 3°C, durante o período de 24 horas (BRASIL, 2009). Após a secagem, as sementes foram acondicionadas em





sacos plásticos com capacidade de 20 L e 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, no qual está localizado o embrião, 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 mata-borrão, 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 massa 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.

### Fotoperíodos e 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 horas) e quatro condições de temperatura (20°C, 25°C, 30°C e temperatura alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas 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 camada de areia para o preenchimento das bandejas foi de 7 cm, na qual houve a disposição das sementes na posição horizontal e com 50% da semente coberta pelo substrato. 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 posterior tríplice lavagem em água destilada esterilizada. Foi realizada escarificação conforme item anterior, a qual foi determinada para uso em sementes de noqueira-pecã após testes de embebição, no qual se verificou maior uniformidade da embebição, maior ganho de massa e antecipação na emissão da radícula com este tratamento, conforme será visto nos resultados posteriormente apresentados.

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 descrito em 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 protrusão 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 G1, G2, Gn = sementes germinadas em cada contagem; N1, N2, Gn = números de dias transcorridos até a germinação.





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

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

Em que G1, G2, Gn = sementes germinadas em cada contagem; T1, T2, Tn = 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). Dados em porcentagem (exceto sementes mortas) foram transformados em  $\sqrt{x} + 1$  (resultados apresentados em valores originais). Havendo significância ( $p < 0,05$ ), 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.

## Resultados e Discussão

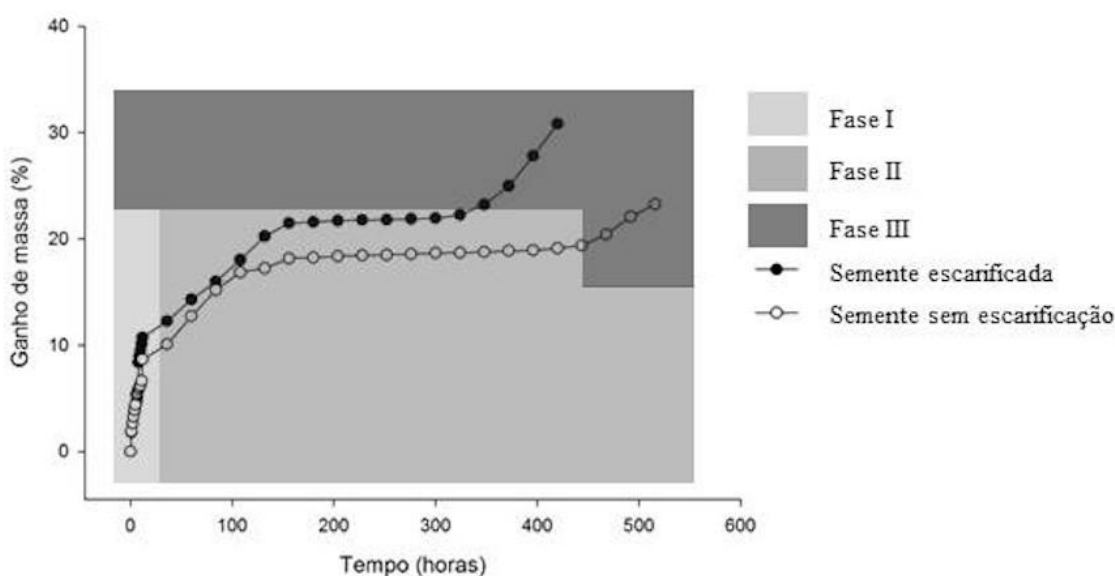
### Curva de embebição

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

Posteriormente, as sementes mantiveram um período de estabilidade, apesar de que se observou menor ganho de massa para sementes não escarificadas. A partir da abertura das sementes em duas suturas e posterior emissão da radícula, ocorreu a retomada do ganho de massa principalmente e mais precocemente em sementes que passaram pelo processo de escarificação. Deste modo, a fase I do padrão trifásico observado consiste na rápida absorção de água. A fase II é representada pela estabilização da massa e posteriormente ocorrendo à fase III com a retomada do ganho de massa das sementes da espécie, conforme Figura 1.







**Figura 1.** Curva de embebição de sementes escarificadas e não escarificadas de *C. illinoensis*.

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; BIBLE; JU, 2002). Sementes de *C. illinoensis* absorveram rapidamente água nas primeiras horas, independentemente do tratamento dado a estas. No entanto, na fase II, há maior ganho de massa 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 submetidas aos tratamentos com temperatura de 20°C e alternada de 12 horas a 15°C e 12 horas 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 luminosidade alternada) 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).

**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	Luz alternada	Luz contínua
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; BLACK; HALMER, 2006).







Resultados semelhantes foram obtidos com sementes de *Myracrodruon urundeuva*, que apresentaram maior percentual de emissão de radícula com ausência de luz na faixa de temperatura ótima para a espécie de 25°C (SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002). Contudo, Poletto *et al.* (2015) salienta a importância de temperaturas baixas na estratificação para haver a germinação das sementes da espécie.

Sementes de *C. illinoensis* obtiveram resultados superiores na emissão da radícula com ausência de luz, comportando-se deste modo 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 entre 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. De acordo com Shaban (2013), a temperatura ótima para germinação pode ser definida como a temperatura que na qual há maior porcentagem de germinação no menor tempo, na qual ocorre a desnaturação das proteínas essenciais para a germinação. A temperatura de 30°C favoreceu a germinação de sementes de noqueira-pecã, no entanto ocasionando maior porcentagem de plântulas anormais devido afetar o seu desenvolvimento após a germinação.

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 tornaram-se plântulas anormais e apresentaram ressecamento da extremidade da parte aérea e da raiz primária.

**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	Luz Alternada	Luz Contínua
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.

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 da espécie, 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, 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. Os hormônios endógenos possuem grande importância na mobilização das reservas de lipídios que possuem papel fundamental no fornecimento da energia necessária para desencadear o processo de germinação (CASALES *et al.*, 2018). 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 falta de temperaturas elevadas seria o principal motivo para haver a germinação esporádica no solo de sementes de noqueira-pecã na natureza, devido a não estarem sujeitos a níveis suficientemente altos para ocasionar o processo de germinação (STADEN; DIMALLA, 1976).

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, com 123,2 mm e 38,2 mm respectivamente.

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. Temperaturas baixas também afetam o desenvolvimento de plântulas. De acordo com Lynch; Marschner; Rengel (2012), baixas temperaturas podem afetar o alongamento e comprimento radicular devido à diminuição da extensibilidade da parede celular.

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.

**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	Luz Alternada	Luz Contínua
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 Tukey a 5% de significância.

Sementes de *C. illinoensis* se comportam como fotoblásticas negativas. É indicada a temperatura de 25°C na ausência de luz em substrato sobre areia e escarificação mecânica das sementes para produção de plântulas normais, sendo estas condições recomendadas para condução do teste de germinação da espécie.

### Conflito de interesses

Os autores declaram que a pesquisa foi conduzida na ausência de quaisquer potenciais conflitos de interesses.

### Declarações éticas

Os autores confirmam que as diretrizes éticas adotadas pela revista foram seguidas por este trabalho, e todos os autores concordam com a submissão, conteúdo e transferência dos direitos de publicação do artigo para a Revista. Declaram ainda que o trabalho não foi publicado anteriormente nem está sendo considerado para publicação em outro em outro periódico.





Os autores assumem total responsabilidade pela originalidade do artigo, podendo incidir sobre os mesmos, eventuais encargos decorrentes de reivindicação, por parte de terceiros, em relação à autoria do artigo.


### Acesso aberto

Este é um artigo de acesso aberto. A reprodução dos artigos da Revista em outros meios de comunicação eletrônicos de uso livre é permitida de acordo com a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

### ORCID

Márcio Alberto Hilgert  <http://orcid.org/0000-0002-2983-7758>

Larissa Campo de Sá  <http://orcid.org/0000-0001-6882-3298>

Marília Lazarotto  <http://orcid.org/0000-0003-0621-6120>

João Jaci de Medeiros Junior  <http://orcid.org/0000-0003-4269-4007>

Paulo Vitor Dutra de Souza  <http://orcid.org/0000-0003-2900-3638>

### 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100028>

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.

BATLLA, D.; ARNOLD, R.L.B. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Seed Science Research**, p.1-12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258514000452>

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.

CASALES, F.G. *et al.* Propagation of Pecan (*Carya illinoensis*): A review. **African Journal of Biotechnology**, v.17, p.586–605, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5897/ajb2017.16183>

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**, v. 19, n. 3, p. 257-265, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098880>

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**, n. 82, p. 274-280, 1977. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(77\)80061-5](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(77)80061-5)

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.; 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. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.58.1.7>







INC - 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](https://www.nutfruit.org/files/tech/1523960263_INC_Statistical_Yearbook_2017-2018.pdf)> Acesso em: 24 jan. 2018.

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

LUCCHESI, J.R. Qualidade de sementes e produção de mudas de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. 98 p. Dissertação Mestrado.

LYNCH, J.; MARSCHNER, P.; RENGEL, Z. **Effect of Internal and External Factors on Root Growth and Development.** In: MARSCHNER, P. (Ed). Mineral Nutrition of Higher Plants. 3th ed. Elsevier: New York, 2012. p.331-336.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

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 *Maquira sclerophylla* (Ducke) C. C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 303-307, 1999. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84041999000500012](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041999000500012)> Acesso em: 20 jan. 2018.

POLETTO, T. *et al.*. Métodos de superação de dormência da semente de noqueira-pecã *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. **Revista Árvore**, v.39, n.6, p.1111-1118, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000600014>

POLETTO, T. *et al.* Dormancy overcome and seedling quality of pecan in nursery. **Revista Ciência Rural**, v.46, n.11, p. 1980-1985, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150835>





SHABAN, M. Effect of water and temperature on seed germination and emergence as a seed hydrothermal time model. **International journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v.1, p. 1686 – 1691, 2013. Disponível em: <[http://www.ijabbr.com/article\\_7963\\_4f37c8e5e1bfa0fe7c5b27342c7144ed.pdf](http://www.ijabbr.com/article_7963_4f37c8e5e1bfa0fe7c5b27342c7144ed.pdf)>

Acesso em: 20 jan. 2018.

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**, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600006>

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

DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000400002>

STADEN, J.V.; DIMALLA, G.G. Regulation of Germination of Pecan, *Carya illinoensis*. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, v. 78, p. 66-75, 1976. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(76\)80141-9](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(76)80141-9)

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.

