

Envelhecimento acelerado em sementes de mogno¹

Accelerated ageing in mahogany seeds

Cleverson Aguiro de Carvalho², Josué Bispo da Silva^{2*} e Charline Zaratín Alves³

RESUMO - A importância econômica do mogno ressalta a relevância da análise do vigor de suas sementes visando à formação de mudas com qualidade. O objetivo foi avaliar a influência de diferentes temperaturas e períodos de exposição do teste de envelhecimento acelerado em sementes de mogno. As variáveis analisadas foram: teor de água, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, frequência relativa e tempo médio de emergência após o envelhecimento acelerado [(39; 41; 43 e 45 °C, durante zero (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas). O vigor de sementes de mogno pode ser avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado nas temperaturas de 39 °C/96 horas e 43 °C por 48 ou 96 horas. A combinação 43 °C/48 horas permite reduzir o tempo de execução das avaliações de sementes de mogno. O índice de velocidade de emergência é uma variável adequada para avaliar a influência do envelhecimento acelerado sobre sementes de mogno.

Palavras-chave: *Swietenia macrophylla*. Sementes florestais. Vigor.

ABSTRACT - The economic importance of mahogany highlights the relevance of analysing seed vigour with a view to the formation of quality seedlings. The aim was to evaluate the influence of different temperatures and periods of exposure in tests of accelerated ageing in mahogany seeds. The variables analysed were: water content, seedling emergence, emergence speed index, relative frequency and mean emergence time after accelerated ageing [(39, 41, 43 and 45 °C for 0 (control), 24, 48, 72 and 96 hours]. Seed vigour in mahogany seeds can be evaluated by means of the accelerated ageing test at temperatures of 39 °C for 96 hours, and at 43 °C for 48 or 96 hours. The combination of 43 °C for 48 hours can reduce the time needed for evaluation of the seeds. The emergence speed index is an effective variable in evaluating the effect of accelerated ageing on mahogany seeds.

Key words: *Swietenia macrophylla*. Forest seeds. Vigour.

*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160083

¹Recebido para publicação em 23/04/2014; aprovado em 06/04/2016

Financiamento de bolsa CNPq do primeiro autor

²Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Campus Universitário Reitor Áulio Gélío Alves de Souza, BR 364, Km 04, Bloco Edilberto Parigot, 2º piso, Distrito Industrial, Rio Branco-AC, Brasil, 69.915-900, cleversoncarvalho92@gmail.com, josuebispo@bol.com.br

³Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Rod. 306, Km 105, Caixa Postal 112, Chapadão do Sul-MS, Brasil, 79.560-000, charline.alves@ufms.br

INTRODUÇÃO

O mogno (*Swietenia macrophylla* - Meliaceae) tem sido utilizado em programas de recuperação ambiental, paisagismo, construção civil e fabricação de medicamentos e móveis de luxo, decoração de interiores, acabamentos internos, molduras, portas entalhadas, guarnições, rodapés, assoalhos, lambris, compensados, laminados, painéis, esquadrias, indústria naval e de aviação, instrumentos científicos de alta precisão e instrumentos musicais, especialmente pianos (CARVALHO, 2007).

Esse potencial tem causado redução nas populações nativas, o que coloca em risco a sobrevivência da espécie, considerada ameaçada de extinção (IBAMA, 2008), e a única maneira de evitar o desaparecimento da espécie é o reflorestamento, mas esta prática tem sido limitada pela ausência de um programa de produção de mudas; um programa, no entanto, necessita de informações básicas sobre a germinação de sementes. O teste de germinação em laboratório foi introduzido apenas recentemente nas regras oficiais de análise de sementes (BRASIL, 2013); trabalhos sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de mogno em diferentes condições de luminosidade, substratos e recipientes foram conduzidos por Roweder, Nascimento e Silva (2012), mas sobre análise de vigor estão indisponíveis na literatura.

O vigor de sementes de diversas espécies pode ser avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, cujo princípio baseia-se no fato de que sementes de maior vigor são mais tolerantes às altas temperaturas e umidade relativa do ar. A temperatura exerce influência marcante sobre o grau de deterioração das sementes e necessita de estudos para cada espécie, pois a resposta às condições impostas pelo teste depende desta variável. O período de exposição também não está determinado para todas as espécies; sabe-se que períodos excessivamente longos podem ser drásticos, o que torna necessário, portanto, estudos para identificar o tempo ideal de permanência das sementes sob essas condições adversas (MARCOS FILHO, 2005).

O teste de envelhecimento acelerado é conduzido em temperaturas entre 41 e 45 °C por 24 a 96 horas (MARCOS FILHO, 2005), com resultados consistentes na avaliação do vigor de sementes de essências florestais, como *Cybistax antisyphilitica* (MELO, 2009), *Erythrina velutina* (GUEDES *et al.*, 2009), *Solanum sessiliflorum* (PEREIRA; MARTINS FILHO, 2010) e *Anadenanthera peregrina* (PINHO; BORGES; PONTES, 2010), permitindo estimar o potencial de armazenamento de sementes de *Azadirachta indica* (Meliaceae) a 41 °C/144 h (VANANGAMUDI *et al.*, 2000) e avaliar o vigor de sementes de *Cedrela fissilis* (Meliaceae) a 50 °C/24 h (BORGES; CASTRO; BORGES, 1990), 42 °C/48 h

(CHEROBINI; MUNIZ; BLUME, 2008) e a 41 °C/48 h (LAZAROTO *et al.*, 2013).

O procedimento tradicional para a interpretação dos resultados do teste de envelhecimento acelerado carece de informações complementares porque considera o grau de sobrevivência das sementes, mas não preconiza observações para detectar outros possíveis efeitos do envelhecimento, como a queda da velocidade e da intensidade de desenvolvimento das plântulas (MARCOS FILHO, 2005). Nesse sentido, trabalhos com as espécies florestais *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (Euphorbiaceae) (SANTOS; PAULA, 2007) e *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Mimosaceae) (PINHO; BORGES; PONTES, 2010) comprovaram os efeitos negativos do envelhecimento acelerado sobre a velocidade de emergência de plântulas.

A insuficiência de conhecimento sobre a resposta germinativa de sementes e o desenvolvimento de plântulas de mogno frente às condições de alta temperatura e umidade relativa do ar no teste de envelhecimento acelerado ressalta a necessidade da realização de trabalhos de pesquisa nessa área. O objetivo do trabalho foi avaliar o vigor de sementes de *Swietenia macrophylla* por meio do teste de envelhecimento acelerado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, Rio Branco, AC, com sementes de *Swietenia macrophylla* coletadas antes da deiscência natural dos frutos, que apresentavam coloração marrom, característica da maturidade fisiológica, a partir de várias árvores matrizes da Reserva Extrativista Chico Mendes, em Sena Madureira, AC (09° 04' 48" S e 68° 37' 39" W, altitude de 148 m) e, posteriormente, armazenadas em câmara fria (10 °C, 70% UR ar) por três meses. As sementes foram previamente desinfetadas com hipoclorito de sódio (2%) por cinco minutos, lavadas em água corrente e secas à sombra.

O teor de água foi determinado pelo método da estufa regulada a 105 ± 3 °C por 24 horas, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com duas subamostras de 10 sementes cada.

Para a emergência de plântulas, quatro subamostras de 25 sementes foram colocadas em caixas plásticas (40 x 30 x 10 cm) contendo areia aquecida a 120 °C por 24 horas. As sementes foram colocadas a 3 cm de profundidade e as caixas mantidas em casa de vegetação, com irrigação duas vezes ao dia. As avaliações ocorreram do 1° ao 50° dia, quando foram computadas as plântulas normais (BRASIL, 2009).

No índice de velocidade de emergência, o número de plântulas emergidas a cada dia foi somado e, na sequência, dividido pelo número de dias transcorridos desde a semeadura (NAKAGAWA, 1999), conforme proposto por Maguire (1962).

No envelhecimento acelerado, 120 sementes foram divididas em quatro subamostras e acondicionadas sobre telas adaptadas dentro de caixas plásticas de germinação (11 x 11 x 3 cm) contendo 40 mL de água deionizada, e colocadas em B.O.D. regulada a 39; 41; 43 e 45 °C, por 0 (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas. Antes e após cada período de envelhecimento foi determinado o teor de água das sementes e, em seguida, instalado o teste de emergência de plântulas, conforme descrito acima.

Para a frequência relativa de emergência foi contabilizado o número de plântulas que emergiram por dia, até a última avaliação (LABOURIAU, 1983), determinada pela equação 1.

$$FRE (\%) = (Ni * 100) / \sum Ni \quad (1)$$

em que: Ni = número de plântulas emergidas por dia e $\sum Ni$ = número total de plântulas emergidas.

O tempo médio de emergência (TME) foi calculado segundo Labouriau (1983) (equação 2).

$$TME = \sum (ni * ti) / \sum ni \quad (2)$$

onde: ni = número de sementes germinadas por dia e ti = período de incubação (dias).

Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso e os dados de emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência foram analisados em esquema fatorial 4 x 5 (temperaturas x períodos), submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Para descrever a variação no teor de água, emergência e velocidade de emergência ao longo dos períodos, em cada temperatura, foram ajustadas equações de regressão polinomial, escolhendo-se a de maior grau com significância a 5% pelo teste F e maior coeficiente de determinação. Os dados expressos em porcentagem foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilke, por não apresentarem normalidade dos resíduos, foram transformados em $\arcsen \sqrt{x/100}$, mas os valores apresentados são os originais (SILVA; AZEVEDO, 2009).

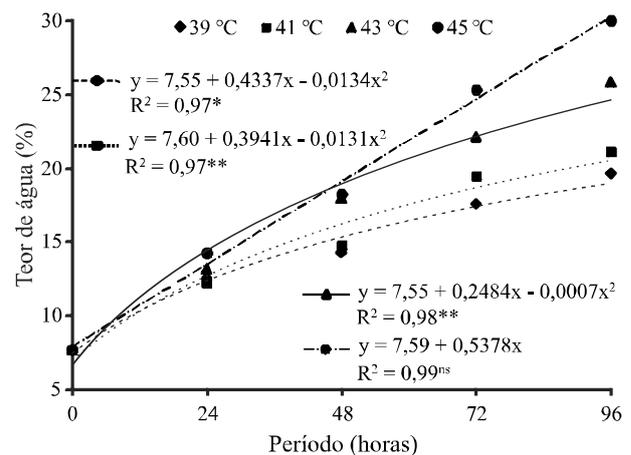
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação preliminar as sementes de *Swietenia macrophylla* produziram 95% de plântulas normais no teste de emergência com substrato areia em casa de vegetação. A emergência de plântulas é um procedimento

adequado para avaliar o vigor de sementes, pois na sua execução são simuladas as condições nas quais as sementes estarão sujeitas por ocasião da semeadura ou transplante definitivos para o campo. Esse resultado mostra que as sementes estavam com alto vigor, uma vez que a emergência de plântulas desejável para essa espécie é 70% (CARVALHO, 2007).

O teor de água inicial das sementes oscilou de 7,5 a 7,6% (Figura 1), variação considerada adequada para a realização do teste de envelhecimento acelerado, uma vez que diferenças superiores a 2% podem provocar alterações na velocidade de umedecimento das sementes durante o envelhecimento e levar a diferenças na intensidade de deterioração (MARCOS FILHO, 2005). A alta taxa de emergência de plântulas na avaliação preliminar, associada à baixa umidade inicial, confirma que sementes dessa espécie suportam dessecação, enquadrando-se, portanto, no grupo das ortodoxas.

Figura 1 - Teor de água de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla*), antes e após o envelhecimento acelerado a 39; 41; 43 e 45 °C, nos períodos de incubação de 0 (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas



A variação no teor de água apresentou comportamento quadrático em 39; 41 e 43 °C, e linear em 45 °C, com coeficientes de determinação acima de 0,99 nas quatro temperaturas estudadas, o que indica uma alta significância entre os dados observados e os dados ajustados à equação proposta, confirmando estreita relação entre umidade, temperatura e período. De um modo geral, a exposição às condições de envelhecimento acelerado provocou um aumento considerável na umidade das sementes, principalmente nas primeiras 24 horas, quando o teor de água praticamente dobrou nas duas maiores temperaturas. A umidade mostrou tendência de

estabilização somente após 96 horas em 39; 41 e 43 °C; já na temperatura de 45 °C houve aumento acentuado e constante na umidade das sementes, conforme constatado no ajuste ao modelo linear crescente.

A maior temperatura e período, principalmente 45 °C e 96 horas, elevaram mais intensamente o teor de água das sementes, que atingiu valor superior a 29%. Sementes de *Cedrella fissilis* (Meliaceae) avaliadas por meio do teste de envelhecimento acelerado, nos mesmos períodos e nas temperaturas de 40 e 50 °C, também tiveram aumento no teor de água, além dos níveis de carboidratos e liberação de exsudados, com o prolongamento da exposição, principalmente à maior temperatura, incremento atribuído ao aumento da permeabilidade das membranas (BORGES; CASTRO; BORGES, 1990).

A absorção de água ocorre porque as sementes encontram-se constantemente num processo de troca de umidade com o ar circundante, em busca do equilíbrio higroscópico; conseqüentemente, sua umidade oscila em função da temperatura do meio e da umidade relativa do ar (McDONALD; COPELAND, 1997). Além da temperatura, a resposta ao envelhecimento é influenciada pelo período de exposição, genótipo, teor inicial de água e qualidade das sementes, tratamento fungicida, tamanho da amostra e sua distribuição sobre a superfície da tela metálica, tipo de recipiente, abertura da câmara de envelhecimento e, principalmente, pela interação entre esses fatores (MARCOS FILHO, 2005). O aumento na umidade pode também ter sido intensificado pelo tecido esponjoso

de proteção que reveste as sementes de mogno (LIMA JUNIOR; GALVÃO, 2005), estrutura com considerável capacidade para absorver água.

O efeito da temperatura, do período de envelhecimento e da interação entre esses fatores sobre a porcentagem e a velocidade de emergência foi significativo (Tabela 1). A emergência total foi reduzida pelas temperaturas de 43 e 45 °C, exceto no período de 24 horas, em que menor valor ocorreu a 41 °C. Por outro lado, em 72 horas os valores a 43 °C foram inferiores aos de 45 °C, contrariando, nessa combinação, a idéia de que a elevação da temperatura promove efeitos mais drásticos à germinação do que o prolongamento do período de exposição ao envelhecimento (TOMES; TEKRONY; EGLI, 1988).

Na temperatura de 39°C a emergência apresentou comportamento quadrático ($R^2 = 0,96^*$) (Figura 2). Os valores foram mantidos acima de 90% nas primeiras 24 horas e diminuíram significativamente com o prolongamento da exposição somente após 96 horas, chegando a 86%. A 41 °C a emergência ajustou-se a uma equação polinomial de 4º grau ($R^2 = 0,99^{**}$) e os valores foram reduzidos com 24 horas, subiram após esse período, com nova queda a partir de 48 horas; entretanto, nas temperaturas de 39 e 41 °C a emergência de plântulas ficou acima de 70%. A oscilação verificada a 41 °C denota a inconsistência dos dados nessa temperatura. A 43°C verificou-se comportamento linear ($R^2 = 0,98^*$), com queda progressiva da emergência, que atingiu 49% após 96 horas. A 45 °C observou-se

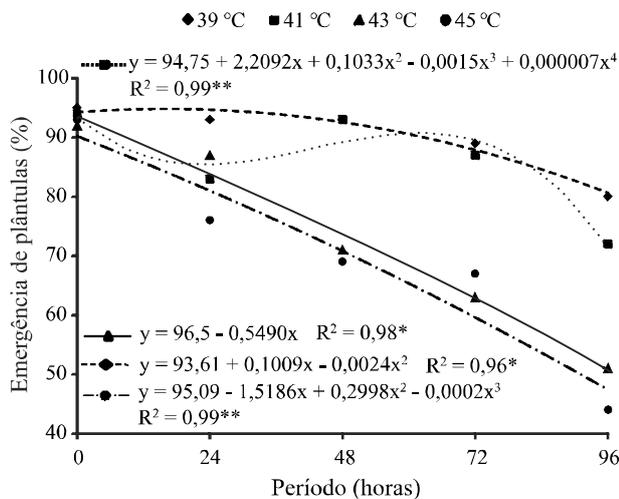
Tabela 1 - Quadrados médios e desdobramento da interação temperatura x período para emergência (EP %) e índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de *Swietenia macrophylla* formadas a partir de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, nas temperaturas de 39; 41; 43 e 45 °C e períodos de 0; 24; 48, 72 e 96 horas

FV	GL	Quadrados médios							
		EP				IVE			
Temp. (T)	3	147,85**				411,13**			
Período (P)	4	182,50**				279,19**			
T x P	12	20,07**				61,21**			
Resíduo	60	0,129				0,054			
Temperatura/Período		39 °C	41 °C	43 °C	45 °C	39 °C	41 °C	43 °C	45 °C
0 h		95a	95a	95a	95a	0,90a	0,90a	0,90a	0,90a
24 h		92a	82b	87b	75c	0,92a	0,83b	0,89	0,74c
48 h		93a	94a	69b	67b	0,90b	0,96a	0,73c	0,55d
72 h		92a	89a	57c	68b	0,90a	0,91a	0,59b	0,55b
96 h		86a	76a	49b	44b	0,78b	0,83a	0,39c	0,31d
C.V. (%)		4,12				3,92			

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). **: valores significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$)

uma equação polinomial de 3º grau ($R^2 = 0,99^{**}$) e os valores foram intensamente reduzidos nas primeiras 48 horas, se estabilizaram entre 24 e 72 horas e voltaram a cair após esse último período, chegando a 44% com 96 horas. De um modo geral, com exceção da temperatura de 41 °C, verificou-se efeito negativo da temperatura sobre a emergência de plântulas, principalmente nos maiores períodos.

Figura 2 - Emergência de plântulas de mogno (*Swietenia macrophylla*), antes e após o envelhecimento acelerado a 39; 41; 43 e 45 °C, nos períodos de incubação de 0 (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas



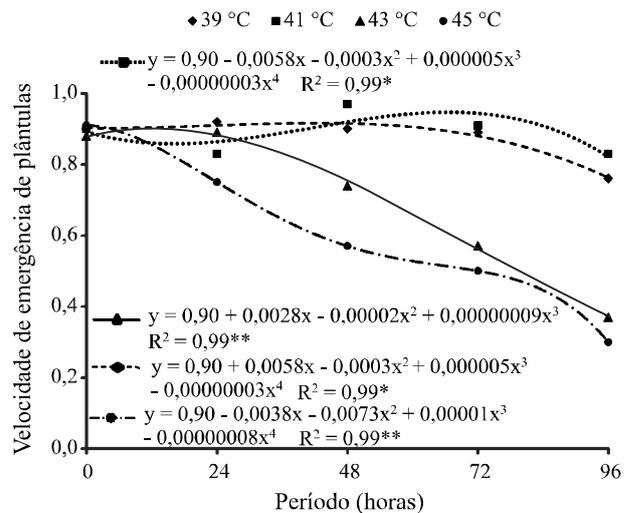
O efeito negativo de períodos maiores na germinação total foi também verificado em outras espécies, como *Azadirachta indica* a 41 °C por 24; 48; 72; 96; 120 e 144 horas (VANANGAMUDI *et al.*, 2000), *Cedrela fissilis* a 41 °C (LAZAROTTO *et al.*, 2013) e *Cybistax antisyphilitica* a 45 °C (MELO, 2009), ambas durante 24; 48; 72 e 96 horas. Por outro lado, tanto a temperatura de 41 quanto de 45 °C reduziram o vigor de *Erythrina velutina* em um curto espaço de tempo (24 horas) (GUEDES *et al.*, 2009).

No índice de velocidade de emergência, apenas no período de 72 horas os resultados ficaram dentro do esperado, ou seja, os valores foram estatisticamente inferiores nas duas maiores temperaturas (Tabela 1). A emergência nos períodos de 48 e 96 horas foi mais lenta a 39 °C que a 41 °C, enquanto com 24 horas, a menor velocidade foi verificada a 41 °C em relação a 39 e 43 °C. Por outro lado, os valores a 45 °C foram semelhantes aos de 43 °C em 72 horas e inferiores aos outros em 24; 48 e 96 horas.

A equação de regressão ajustou-se a um polinômio de quarto grau a 39; 41 e 45 °C e de segundo grau a 43 °C, todas com coeficiente de determinação $R^2 = 0,99^{**}$ (Figura 3). Nas temperaturas de 39 e 41 °C a velocidade de emergência manteve-se no mesmo nível das sementes não envelhecidas durante 72 horas, e somente após esse período houve redução; a temperatura de 41 °C também apresentou resultados pouco consistentes nesta variável. A 43 °C a velocidade de emergência manteve-se estável nas primeiras 24 horas mas foi reduzida nos períodos posteriores, com redução de 57% até 96 horas, enquanto a 45 °C a redução foi mais intensa entre os períodos de 24 e 48 horas e 72 e 96 horas.

O envelhecimento acelerado de sementes de cedro em iguais períodos mas a 40 °C promoveu aumento na velocidade e na germinação total nos períodos de 24 e 48 horas, mas a 50 °C reduziu a germinação já nas primeiras 24 horas (BORGES; CASTRO; BORGES, 1990). Sementes de *Sebastiania commersoniana* (Euphorbiaceae) envelhecidas artificialmente a 42 e 45 °C por 24; 48; 72; 72; 96 e 120 horas tiveram um aumento nesta variável a 42 °C, em relação às sementes não envelhecidas, resultado atribuído ao maior teor de água das sementes nessa condição, o que favoreceu a ativação mais rápida do metabolismo quando estas foram colocadas para germinar, proporcionando, desta forma, maior velocidade de germinação; no entanto, a 45 °C a velocidade de germinação decresceu já a partir das primeiras horas (SANTOS; PAULA, 2007). No presente trabalho, embora também houvesse aumento considerável no teor de água das sementes durante a exposição à câmara de

Figura 3 - Velocidade de emergência de plântulas de mogno (*Swietenia macrophylla*) antes e após o envelhecimento acelerado a 39; 41; 43 e 45 °C, nos períodos de incubação de 0 (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas



envelhecimento (Figura 1), essa condição não contribuiu para melhorar o desempenho das sementes, mas apenas permitiu que fossem mantidas a emergência total com 39 °C/48 horas e a velocidade de emergência a 39 e 41 °C por 72 horas.

A redução no potencial germinativo coincidiu com uma maior absorção de água pelas sementes, em especial nos maiores períodos e temperaturas, quando a umidade atingiu, aproximadamente, 21 e 26% em 72 horas e 24% e 30% em 96 horas, nas temperaturas de 43 e 45 °C, respectivamente (Figura 1). O aumento da exposição a temperaturas mais elevadas pode ter resultado em um processo de deterioração mais intenso do tegumento e das membranas celulares das sementes submetidas ao envelhecimento acelerado em relação às não envelhecidas precocemente ou envelhecidas em temperaturas mais amenas (39 e 41 °C). Sementes de *Solanum sessiliflorum* envelhecidas a 41; 42 e 45 °C durante 24; 48; 72 e 96 horas também tiveram o teor de água aumentado e a viabilidade e o vigor reduzidos pela exposição às maiores temperaturas e períodos (PEREIRA; MARTINS FILHO, 2010), redução igualmente verificada em *Anadenanthera peregrina* a 40; 50 e 60 °C por 24; 48; 72 e 96 horas (PINHO; BORGES; PONTES, 2010).

A alta umidade relativa do ar na mini câmara de envelhecimento (gerbox) e o caráter higroscópico favorecem a elevação do teor de água e, por consequência, da temperatura da semente, em decorrência dos processos respiratórios e da maior atividade de microrganismos, principalmente nos maiores períodos; este fato, aliado à temperatura elevada (45 °C), pode ter resultado em um processo de deterioração mais acelerado nas sementes expostas a essa condição, do que naquelas submetidas a temperaturas menores (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Flávio e Paula (2010) também observaram que a maior temperatura (45 °C) provocou danos em sementes de *Dictyoloma vandelianum*, que se manifestam como alterações degenerativas no metabolismo das sementes, causadas, principalmente, pela peroxidação dos lipídios, desencadeando a desestruturação e perda da integridade do sistema de membranas celulares; no entanto, o teor de água das sementes envelhecidas a 42 °C foi maior que a 45 °C devido ao melhor aproveitamento da água absorvida no metabolismo.

A redução na emergência total de plântulas nas maiores temperaturas e períodos é consequência da deterioração bioquímica e fisiológica das sementes ocorrida nessas condições. A peroxidação dos lipídeos, frequentemente iniciada pelo oxigênio ao redor dos ácidos graxos insaturados ou polinsaturados, é a causa mais citada para essa deterioração, cujo resultado é a liberação de um radical livre a partir de um grupo metílico de ácido graxo adjacente a uma dupla ligação, que pode combinar-se com outros radicais livres. Uma vez que

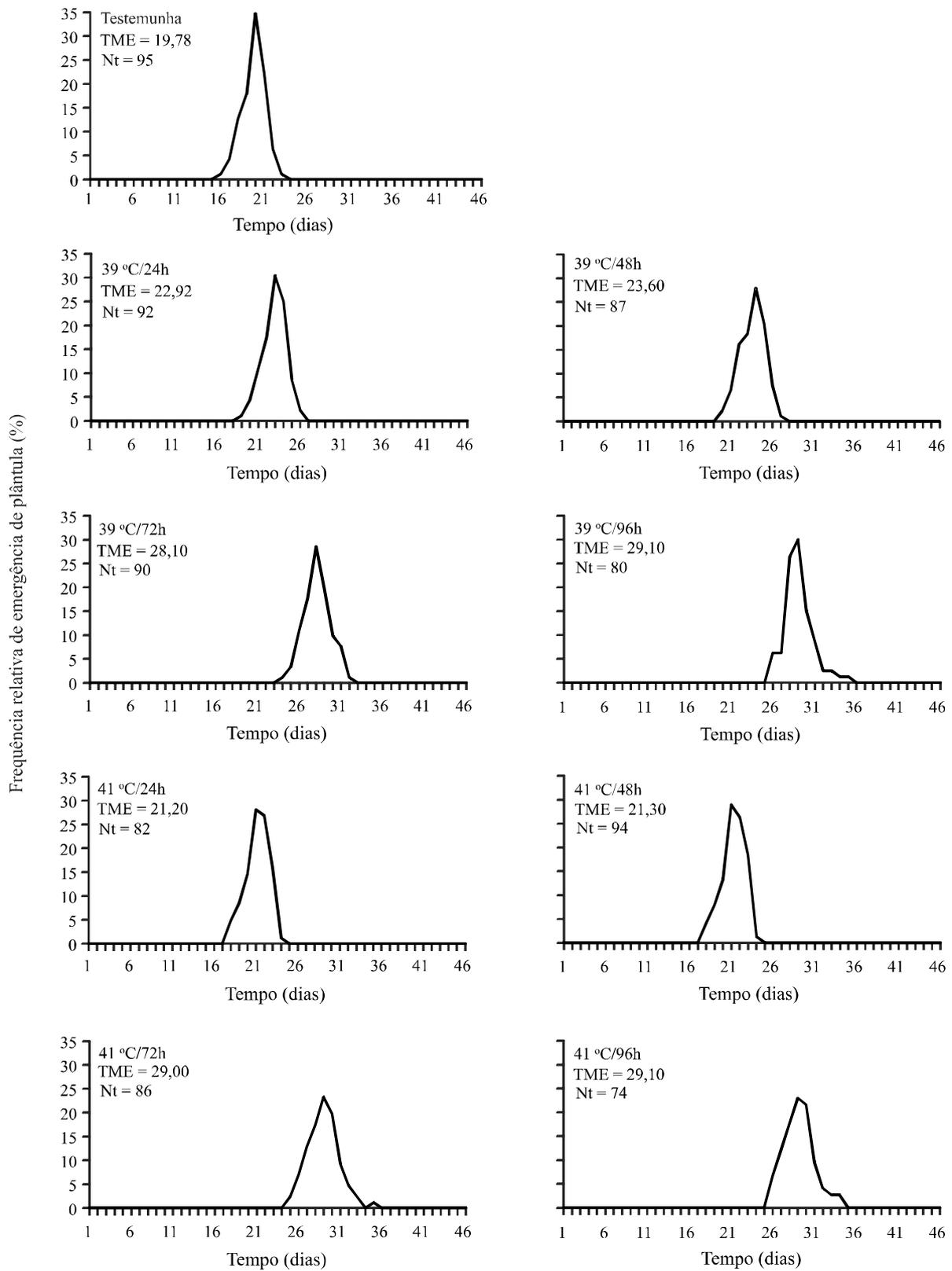
esses radicais livres são iniciados, criam profundos danos às membranas e continuam a propagar outros radicais livres, os quais terminam as reações destrutivas e alteram o funcionamento de enzimas e ácidos nucleicos, causando alterações no desempenho e crescimento das plântulas (McDONALD, 1999).

Nas sementes não envelhecidas, a distribuição de frequência demonstrou caráter unimodal, a emergência de plântulas iniciou aos 16 dias e o total de sementes emergidas e o tempo médio de emergência foram de 95 e 19,78 dias, respectivamente (Figura 4A). Percebe-se que a emergência iniciou precocemente, uma vez que as primeiras plântulas emergirem aos 86 dias é considerado normal (CARVALHO, 2007). Na temperatura de 39 °C (Figura 4A) a distribuição de frequência nos períodos de 24; 48 e 72 horas também demonstrou caráter unimodal, mas houve deslocamento dos polígonos para a direita (TME 22,92; 23,60 e 28,10, respectivamente) e redução da emergência (Nt 92; 93 e 90); com 96 horas a emergência foi inferior (Nt 80) aos períodos anteriores e a distribuição da frequência foi polimodal, com maior deslocamento do polígono para a direita (TME 29,10), caracterizando emergência heterogênea e prolongamento do tempo. A 41 °C, embora a distribuição da frequência tenha apresentado caráter unimodal, o desempenho após 24 horas foi inferior à testemunha e em 48 horas, enquanto em 72 e 96 a distribuição da frequência foi polimodal, com alto tempo médio de emergência e baixo número total de plântulas emergidas. Assim como nas avaliações anteriores, a oscilação nas primeiras 48 horas evidencia a inconsistência dos resultados proporcionados por essa temperatura.

Nas temperaturas de 43 e 45 °C, além do menor número de plântulas emergidas em relação às temperaturas menores, também se verificou a tendência da linha poligonal se deslocar para a direita em relação à testemunha (Figura 4B), e todas as distribuições de frequência demonstraram caráter polimodal, caracterizando emergência heterogênea, indicada pelos diferentes picos, principalmente nas combinações 43 °C/72 e 96 horas e 45 °C/24; 48; 72 e 96 horas, tornando clara a redução no desempenho germinativo das sementes, cujos reflexos foram igualmente verificados por meio dos menores percentuais e índices de velocidade de emergência obtidos nas temperaturas maiores (Figura 3), confirmando que em temperaturas de estresse a heterogeneidade fisiológica das sementes é evidenciada (LABOURIAU; AGUDO, 1987).

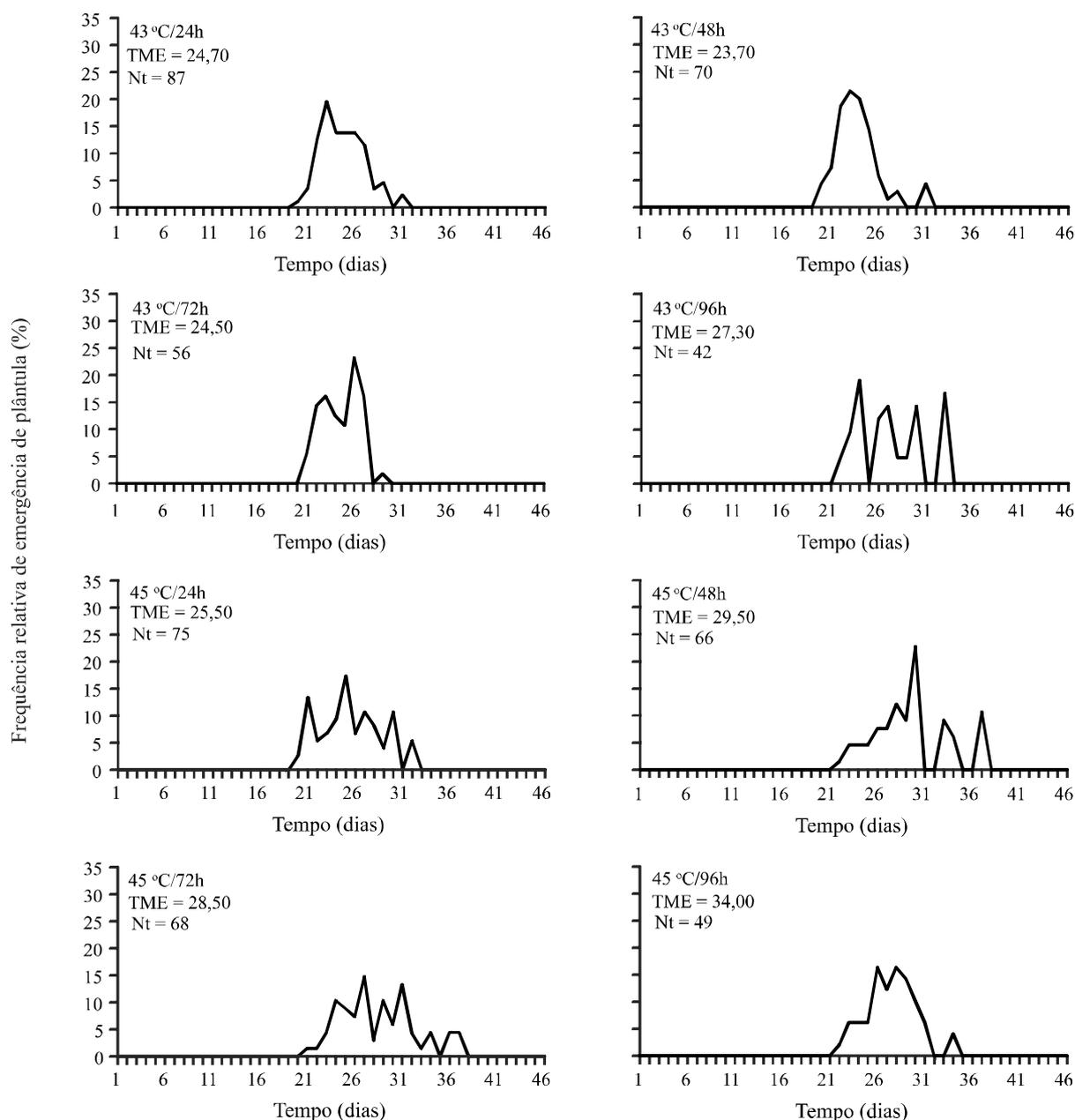
Os resultados confirmam que em sementes de mogno, assim como em outras espécies, tanto a temperatura como o tempo de exposição utilizados no envelhecimento acelerado podem reduzir o potencial germinativo das sementes, redução que se manifesta por meio da menor emergência total e o desempenho das plântulas. De um modo geral, em todas as variáveis analisadas, a

Figura 4A - Distribuição da frequência relativa da germinação de sementes de *Swietenia macrophylla* após o envelhecimento acelerado a 39 e 41 °C, nos períodos de 0 (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas



TME: tempo médio de emergência. Nt: número total de plântulas emergidas

Figura 4B - Distribuição da frequência relativa da germinação de sementes de *Swietenia macrophylla* após o envelhecimento acelerado a 43 e 45 °C, nos períodos de 0 (testemunha), 24; 48; 72 e 96 horas



TME: tempo médio de emergência. Nt: número total de plântulas emergidas

temperatura de 39 °C mostrou-se branda às sementes, com redução do vigor somente com 96 horas, enquanto 43 °C reduziu gradualmente o potencial fisiológico, determinado pela menor emergência e velocidade e maior distribuição ao longo do tempo. Porém, as temperaturas de 41 e 45 °C não se mostraram adequadas por apresentarem resultados pouco consistentes, principalmente em relação à emergência e velocidade de emergência.

Portanto, o teste de envelhecimento acelerado conduzido a 39 °C/96 horas e a 43 °C por 48 e 96 horas mostrou-se adequado para ser usado em trabalhos futuros para avaliação do vigor de sementes de mogno. Entretanto, considerando que uma das características desejáveis de um teste de vigor é a rapidez na obtenção dos resultados, recomenda-se a combinação 43 °C/48 horas.

CONCLUSÕES

1. O vigor de sementes de *Swietenia macrophylla* pode ser avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado nas temperaturas de 39 °C/96 horas e 43 °C por 48 ou 96 horas;
2. A combinação 43 °C/48 horas permite reduzir o tempo de execução das avaliações de sementes de mogno;
3. O índice de velocidade de emergência é uma variável adequada para avaliar a influência do envelhecimento acelerado sobre sementes de mogno.

REFERÊNCIAS

- BORGES, E. E. L.; CASTRO, J. L. D.; BORGES, R. C. G. Avaliação fisiológica de sementes de cedro submetidas ao envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 12, n. 1, p. 56-62, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais, de 17 de janeiro de 2013**. Brasília: MAPA, 2013. 98 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA : ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Mogno (*Swietenia macrophylla*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 12 p. (Circular Técnica, 140).
- CHEROBINI, E. A. I.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 65-73, 2008.
- GUEDES, R. S. *et al.* Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 323-330, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução Normativa nº 06, de 23 de setembro de 2008**. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 52 p.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 173 p.
- LABOURIAU, L. G.; AGUDO, M. Physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 59, n. 1, p. 37-56, 1987.
- LAZAROTO, M. *et al.* Qualidade fisiológica e tratamentos de sementes de *Cedrela fissilis* procedentes do sul do Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 201-210, 2013.
- LIMA JUNIOR, M. J. V.; GALVÃO, M. S. Mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**. 2005. Disponível em: <<http://rsa.ufam.edu.br:8080/sementes/especies/pdf/doc8.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2015.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 496 p.
- McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 27, p. 177-237, 1999.
- McDONALD, M. B.; COPELAND, L. O. **Seed production: principles and practices**. New Jersey: Chapman e Hall, 1997. 749 p.
- MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.)**. 2009. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.
- PEREIRA, M. D.; MARTINS FILHO, S. Envelhecimento acelerado em sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 251-256, 2010.
- PINHO, D. S.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A. Avaliação da viabilidade e vigor de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. submetidas ao envelhecimento acelerado e ao osmocondicionamento. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 425-434, 2010.
- ROWEDER, C.; NASCIMENTO, M. S.; SILVA, J. B. Uso de diferentes substratos e ambiência na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cedro. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 5, p. 27-46, 2012.
- SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (Branquilha) - Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2007.
- SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. **Anais...** Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- TOMES, L. J.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, v. 12, n. 1, p. 24-36, 1988.
- VANANGAMUDI, K. *et al.* Prediction of seed storability in neem (*Azadirachta indica*) and jamun (*Syzygium cumini*) through accelerated ageing test. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 12, n. 2, p. 270-275, 2000.