

Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss.Accelerated aging and electrical conductivity tests in *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. seedsJoão José Prieto Flavio<sup>1</sup>, Rinaldo Cesar de Paula<sup>2</sup>**Resumo**

*Dictyoloma vandellianum* A. Juss., tingui-preto, é uma planta arbórea pertencente à família Rutaceae que apresenta grande potencial para a silvicultura e paisagismo. Este trabalho objetivou definir as condições para condução dos testes de envelhecimento acelerado (EA) e de condutividade elétrica (CE) para sementes de tingui-preto. O teste de EA foi conduzido a 42 e 45 °C, por 0, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 h, pelo método do “gerbox”. Após esses períodos foi determinado o teor de água das sementes, a 105 ± 3 °C por 24 h, e realizado o teste de germinação, a 25-35 °C sobre papel mata-borrão e fotoperíodo de 8 h. O teste de CE foi conduzido a 25 °C, usando-se três quantidades de sementes por repetição (25, 50 e 75), três volumes de água deionizada (50, 75 e 100 mL) e diferentes períodos de embebição das sementes (2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 e 120 h). O teste de EA conduzido a 45 °C proporcionou uma queda progressiva da germinação com o aumento do período de envelhecimento. Para a CE, menores valores foram observados com o aumento do número de sementes e do volume de embebição, e maiores valores com o tempo de embebição das sementes. O teste de EA conduzido a 45 °C por 72 h e o teste de CE com 25 sementes, embebidas em 50 mL de água deionizada, por pelo menos 48 h, a 25 °C, são adequados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de tingui-preto.

**Palavras-chave:** Semente florestal, Teste de vigor, Qualidade fisiológica de sementes, Espécie florestal.

**Abstract**

*Dictyoloma vandellianum* A. Juss., is a tree belonging to the Rutaceae family with a great potential for forestry and ornamental purposes. This work aimed to establish conditions for accelerated aging and the electrical conductivity tests for *D. vandellianum* seeds. For accelerated aging test, samples containing about 200 seeds were arranged in a single layer on aluminum canvas, in plastic pots containing 40 mL of distilled water at 42 and 45 °C for 0, 12, 24, 48, 72, 96 and 120 h. After these periods, the water content of seeds was determined, at 105 ± 3 °C/24 h, and the germination test was performed at 25-35 °C, on paper and a photoperiod of 8 h. In the electrical conductivity test, the pattern of exudates leaching was evaluated at different periods of imbibition (2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 and 120 h), at three numbers of seeds per replicate (25, 50 and 75) and three volumes of deionized water (50, 75 and 100 mL) at 25 °C. The accelerated aging test conducted at 45 °C provided a progressive decrease in the germination with the increase of the aging period. For the electrical conductivity test, lower values were observed with an increasing seed number and the imbibition volume, and higher values with the increase of the periods of imbibition. Therefore the accelerated aging test conducted at 45 °C for 72 h, and the electrical conductivity test performed with 25 seeds imbibed in 50 mL of deionized water for at least 48 h at 25 °C, are adequate to evaluate the physiological quality of *D. vandellianum* seeds.

**Keywords:** Forest seed, Vigor test, Physiological quality of seeds, Tree species

**INTRODUÇÃO**

*Dictyoloma vandellianum* A. Juss., tingui-preto, apresenta distribuição natural limitada à floresta pluvial atlântica, ocorrendo nos estados

da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Planta pioneira de rápido crescimento, é indicada para plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente. A árvore é bastante ornamen-

<sup>1</sup>Mestrando em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, Departamento de Produção Vegetal – 14884-900 – Bolsista do CNPq – E-mail: [joaojprieto@yahoo.com.br](mailto:joaojprieto@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, Departamento de Produção Vegetal - 14884-900 – Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – E-mail: [rcpaula@fcav.unesp.br](mailto:rcpaula@fcav.unesp.br)

tal, principalmente quando em flor, podendo ser empregada com sucesso no paisagismo em geral. É uma planta de distribuição descontínua e irregular, e encontrada com baixa frequência, principalmente em formações abertas e secundárias. Possui madeira moderadamente pesada, compacta, resistente e de boa durabilidade quando protegida das intempéries, podendo ser empregada para forros, brinquedos, caixotaria e para lenha e carvão (LORENZI, 2002).

Para avaliar a qualidade fisiológica de um ou mais lotes de sementes, adotam-se os testes de germinação e de vigor. O conjunto de características ou propriedades que determinam o potencial fisiológico, ou seja, a capacidade das sementes em apresentar desempenho adequado quando expostas a diferentes condições ambientais é o que se denomina vigor (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Sua avaliação permite a detecção de possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes que apresentem poder germinativo semelhante e que podem exibir comportamentos distintos, em condição de campo ou mesmo durante o armazenamento.

Os testes de vigor devem ser rápidos, de fácil execução, não exigir equipamentos complexos, devendo ser igualmente aplicáveis para determinar o vigor tanto de uma semente, como de um lote delas e com eficiência para detectar tanto pequenas como grandes diferenças de vigor (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Nenhum dos métodos atuais apresenta todas estas características. Todos os métodos preconizados são utilizados para testar comparativamente o vigor entre lotes, e indicar o mais ou menos vigoroso (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Como esses testes fornecem índices mais sensíveis de qualidade fisiológica que o teste de germinação, qualquer evento que preceda a perda do poder germinativo pode servir como base para a avaliação do vigor, não significando com isso que o teste de germinação deva ser substituído pelos de vigor (MARCOS FILHO *et al.*, 1987).

Segundo Carvalho (1994), vários fatores contribuem para dificultar a padronização dos testes de vigor, relacionando, dentre os principais, a precisão dos procedimentos, a apresentação dos resultados e o estabelecimento de níveis aceitáveis de vigor.

A aplicação dos testes de vigor em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar e comparar lotes de sementes para diferentes objetivos. Sua simplicidade, aliada a bons resultados, tornam-os de utilização promissora em vá-

rios campos de pesquisa. Comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênes e procedências oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética. A divulgação de sua metodologia tornará, com certeza, mais difundida a sua aplicação no campo das ciências florestais (VALENTINI e PIÑA-RODRIGUES, 1995).

Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) e pela International Seed Testing Association (ISTA, 1995), pode-se destacar o de envelhecimento acelerado e o de condutividade elétrica como os mais indicados para estimar o vigor de sementes.

O teste de envelhecimento acelerado tem como base o fato de que a taxa de deterioração das sementes aumenta consideravelmente através de sua exposição a condições adversas de temperatura e umidade relativa, considerados os fatores ambientais mais relacionados à deterioração (MARCOS FILHO, 1994). Contudo, vários fatores podem interferir nos resultados do envelhecimento acelerado como o tamanho das sementes, teor de água inicial das sementes, disposição das sementes às condições de alta umidade relativa, manutenção da temperatura de envelhecimento sem oscilações, dentre outros (AOSA, 1983; ISTA, 1995; MARCOS FILHO, 1999).

A realização de estudos com sementes florestais pode contribuir para o aprimoramento das técnicas, levando em consideração os fatores causadores de alterações e as diferentes respostas das espécies. Assim, enquanto para *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba), o envelhecimento acelerado conduzido a 42 °C, por pelo menos 48 h, afetou a qualidade fisiológica das sementes, reduzindo a germinação e o vigor (FERREIRA *et al.*, 2004), para *Erythrina velutina* Wild. (mulungu) o teste de envelhecimento acelerado, conduzido a 41 °C/72 h e 45 °C/24 h são adequadas para avaliação do vigor de sementes dessa espécie (GUEDES *et al.*, 2009). Em sementes de *Euterpe edulis* e *Dyopsis lutescens* a germinação foi totalmente suprimida após 12 h de envelhecimento a 45 °C, enquanto que em *Roystonea oleracea* e *Phoenix reclinata* houve redução gradativa do vigor, sendo o período de 48 h crítico para alguns parâmetros de avaliação do vigor avaliados (NEGREIROS e PEREZ, 2004). O envelhecimento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilho) a 45 °C por 96 h foi adequado para diferenciar três lotes de sementes (SANTOS e PAULA, 2007).

O teste de condutividade elétrica baseia-se na capacidade da membrana em regular o fluxo de entrada e saída dos solutos (CARVALHO, 1994), sendo que em sementes deterioradas há perda na integridade dos sistemas de membranas da célula, aumentando assim sua permeabilidade e, portanto, a lixiviação de eletrólitos. Segundo Vieira e Krzyzanowski (1999), fatores como características da semente (danos mecânicos, injúrias por insetos, tamanho e genótipo), tempo e temperatura de embebição, teor de água, qualidade e volume de água e tamanho do recipiente de embebição podem afetar os valores de condutividade. Portanto, a adequação do teste de condutividade elétrica é fundamental para sua aplicação nas diferentes espécies.

Em sementes de espécies florestais o teste de condutividade elétrica ainda é pouco usado. Bonner (1986), em estudo com sementes de *Pinus elliottii* e *P. taeda*, verificou que apenas os testes de condutividade elétrica e de tetrazólio correlacionaram-se com a germinação, e que o teste de condutividade elétrica é promissor, pois fornece resultados em um tempo muito menor do que o teste de germinação. Trabalhando com seis espécies de *Pinus*, Bonner (1991) verificou diferenças na condutividade elétrica quando houve variação no volume de água, sendo que para *Pinus echinata*, *P. clausa*, *P. virginiana* e *P. sylvestris* os melhores resultados ocorreram usando 100 sementes embebidas em 100 mL de água; para *P. banksiana* e *P. resinosa* os melhores resultados ocorreram com 25 mL.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos definir as condições para condução dos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (tingui-preto).

## MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (tingui-preto) foram colhidas em 26 de setembro de 2004, de 12 árvores matrizes, no município de Jaboticabal, SP. Os frutos foram colhidos quando os primeiros indicativos de maturidade (coloração marrom e presença de fendas, com início de abertura espontânea) foram observados. Após colhidos, os frutos foram expostos ao sol por três dias, em bandejas cobertas com telas com 50% de capacidade de retenção da radiação solar, para completarem o processo de secagem e abertura para extração das sementes. Depois de

extraídas dos frutos, as sementes foram encaminhadas para o Laboratório onde os testes foram realizados com as sementes recém colhidas.

### Teste de Envelhecimento Acelerado

Amostras contendo cerca de 200 sementes foram dispostas em camada única sobre tela de alumínio, em caixas de plástico transparente e com tampa (11 x 3,5 x 3,5 cm), método do "gerbox", contendo 40 mL de água destilada e conduzidas à câmaras para germinação tipo B.O.D., reguladas para as temperaturas de 42 e 45 °C durante os períodos de 12, 24, 48, 72, 96 e 120 h de envelhecimento, além da testemunha (0 h - sementes sem envelhecimento).

Após cada período de envelhecimento, foi determinado o teor de água das sementes, pelo método da estufa a 105 + 3 °C, por 24 horas (BRASIL, 1992), e realizado o teste de germinação. Para a determinação do teor de água das sementes foram usadas duas repetições de 0,1 g de sementes.

O teste de germinação foi conduzido a 25-35 °C, utilizando papel mata-borrão como substrato e fotoperíodo de oito horas, usando-se quatro repetições de 25 sementes. O fotoperíodo foi obtido com o uso de seis lâmpadas fluorescentes de 15 W. Diariamente foi contabilizado o número de sementes germinadas adotando-se dois critérios de germinação: a) protrusão da radícula (critério botânico) e b) formação de plântulas normais (critério tecnológico). Do teste de germinação foram calculados as seguintes variáveis: Índice de Velocidade de Germinação (IVG) – determinado de acordo com a metodologia de Maguire (1962); Germinação (G) – correspondente a porcentagem de sementes com protrusão da radícula, e Porcentagem de Plântulas Normais (PN) – porcentagem de plântulas com as estruturas essenciais perfeitas, ao final do teste de germinação. O teste de germinação teve a duração de 23 dias.

Os dados expressos em porcentagem foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors e, por não apresentarem normalidade, foram transformados em  $\arcsen(\sqrt{G/100})$ , em que G, refere-se à porcentagem de germinação ou de plântulas normais. Os dados foram submetidos a análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 7 (duas temperaturas e sete períodos de envelhecimento), com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. As médias das características entre temperaturas para cada período de envelhecimento, foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Adicionalmente

foram ajustadas equações de regressão polinomial para descrever o comportamento germinativo das sementes ao longo dos períodos de envelhecimento, para cada temperatura.

### Teste de Condutividade Elétrica

O padrão de lixiviação dos exsudatos foi avaliado em diferentes períodos de embebição (2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 e 120 h), usando-se 25, 50 e 75 sementes por repetição embebidadas em 50, 75 e 100 mL de água deionizada, à temperatura de 25 °C. As sementes foram previamente pesadas em balança com precisão de 0,001 g, posteriormente colocadas nos diferentes volumes de água deionizada, em recipientes de plástico com capacidade para 200 mL, e incubados a 25 °C.

A condutividade elétrica da solução foi medida com aparelho condutivímetro marca Marconi® modelo CA150, com constante 1,0, cujos resultados de leitura foram divididos pelos respectivos valores de massa das amostras das sementes, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de semente.

O teste foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas para o tempo de embebição das sementes, com quatro repetições por tratamento. As parcelas foram representadas por um esquema fatorial entre número de sementes (NS) e volume de água (VA). A lixiviação de eletrólitos para cada combinação NS-VA, em função do período de embebição, foi avaliada por regressão polinomial de até 3º grau. A equação escolhida correspondeu àquela que em ordem atendeu aos seguintes critérios: a) significância da equação pelo teste F; b) significância dos coeficientes b's pelo teste t; c) maior valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e d) não significância para o teste de falta de ajustamento do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teste de Envelhecimento Acelerado

As sementes submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C apresentaram, de modo geral, teor de água superior ao das sementes submetidas a 45 °C nos diferentes períodos do envelhecimento (Tabela 1). Também, a 42 °C, não houve um padrão bem definido do teor de água das sementes ao longo dos períodos de envelhecimento. A 45 °C os valores de teor de água apresentaram menores variações, com tendência de estabilização a partir de 72 h de envelhecimento, mas com peque-

na oscilação entre 12 e 72 h de envelhecimento, demonstrando maior consistência nos resultados.

**Tabela 1.** Teor de água de sementes de *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. (tingui-preto) antes e após o envelhecimento acelerado a 42 e 45 °C, em diferentes períodos.

**Table 1.** Water content of *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. seeds before and after accelerated aging at 42 and 45 °C, in different periods.

Períodos (h)	Temperaturas	
	42° C	45° C
0	9,9	9,9
12	20,1	15,3
24	19,9	16,4
48	17,6	15,3
72	15,8	16,5
96	21,2	16,5
120	19,4	17,1

Os padrões dos teores de água das sementes submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C nos diferentes períodos, estão próximos aos observado por Nakagawa *et al.* (2001) em sementes de *Eucalyptus grandis* submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C por 32 h. A pequena variação no teor de água das sementes a partir de 12 h de envelhecimento, tanto a 42 como a 45 °C, pode estar associado a vários fatores, como por exemplo ao pequeno tamanho e massa das sementes, à presença de estrutura alada e à composição química das sementes e até mesmo devido a amostragem. Contudo, para contornar o problema de amostragem, as repetições foram estabelecidas em termos de massa fresca (0,1 g, o que correspondeu a aproximadamente 50 sementes) e não em quantidade definida de sementes (por exemplo, 25 sementes), pois em testes preliminares, usando-se duas repetições de 25 sementes foi constatada grande variação nos resultados do teor de água de sementes de tingui-preto.

Houve efeito significativo da temperatura, do período de envelhecimento e da interação temperatura x período de envelhecimento sobre as características avaliadas, exceto da temperatura sobre o índice de velocidade de germinação (Tabela 2; Figura 1). A temperatura de 42 °C mostrou-se menos prejudicial ao processo germinativo que a temperatura de 45 °C.

O envelhecimento das sementes de tingui-preto a 45 °C, mostrou-se mais adequado e com resultados mais consistentes, proporcionando queda progressiva da germinação com o aumento do período de envelhecimento, quando comparada à temperatura de 42 °C (Tabela 3). Estes resultados já eram esperados, uma vez que quanto maior a temperatura de envelhecimento maior o estresse causado às sementes. Em geral,

para diversas espécies, o aumento na temperatura de envelhecimento tem promovido maiores danos às sementes do que o aumento no período de envelhecimento em temperaturas mais baixas (MARCOS FILHO, 1999). Resultados semelhantes foram observados por Fanti e Perez (2005) em sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. (paineira) e por Santos e Paula (2007) com sementes de *Sebastiania commersonina* Bail. (branquilho).

O período de 72 h de envelhecimento acelerado, associado à temperatura de 45 °C, mostrou-se adequado para a condução do teste, pois proporcionou queda no poder germinativo das sementes, sem comprometer drasticamente a germinação, como se observou com 120 h de envelhecimento.

Submetendo sementes de *Cedrela fissilis* (cedro) ao envelhecimento a 40 e 50°C, por até 96 horas, Borges *et al.* (1990) verificaram que, a 40°C, não houve grandes variações na germinação e nos níveis de carboidratos, lipídios e liberação de exsudados, porém a 50°C, estas características foram significativamente alteradas, à exceção do teor de lipídios. De acordo com Pizetta *et al.* (2001), o envelhecimento a 42 °C por até 120 h não foi suficiente para provocar alterações na germinação de sementes de *Poecilan-*

*the parviflora* (coração-de-negro). Trabalhando com sementes escarificadas de *Guazuma ulmifolia* (mutamba), Gonçalves (2003) recomendou que o teste de envelhecimento acelerado para sementes desta espécie seja realizado a 41 °C, por pelo menos 120 horas, ou a 45°C, por 96 horas.

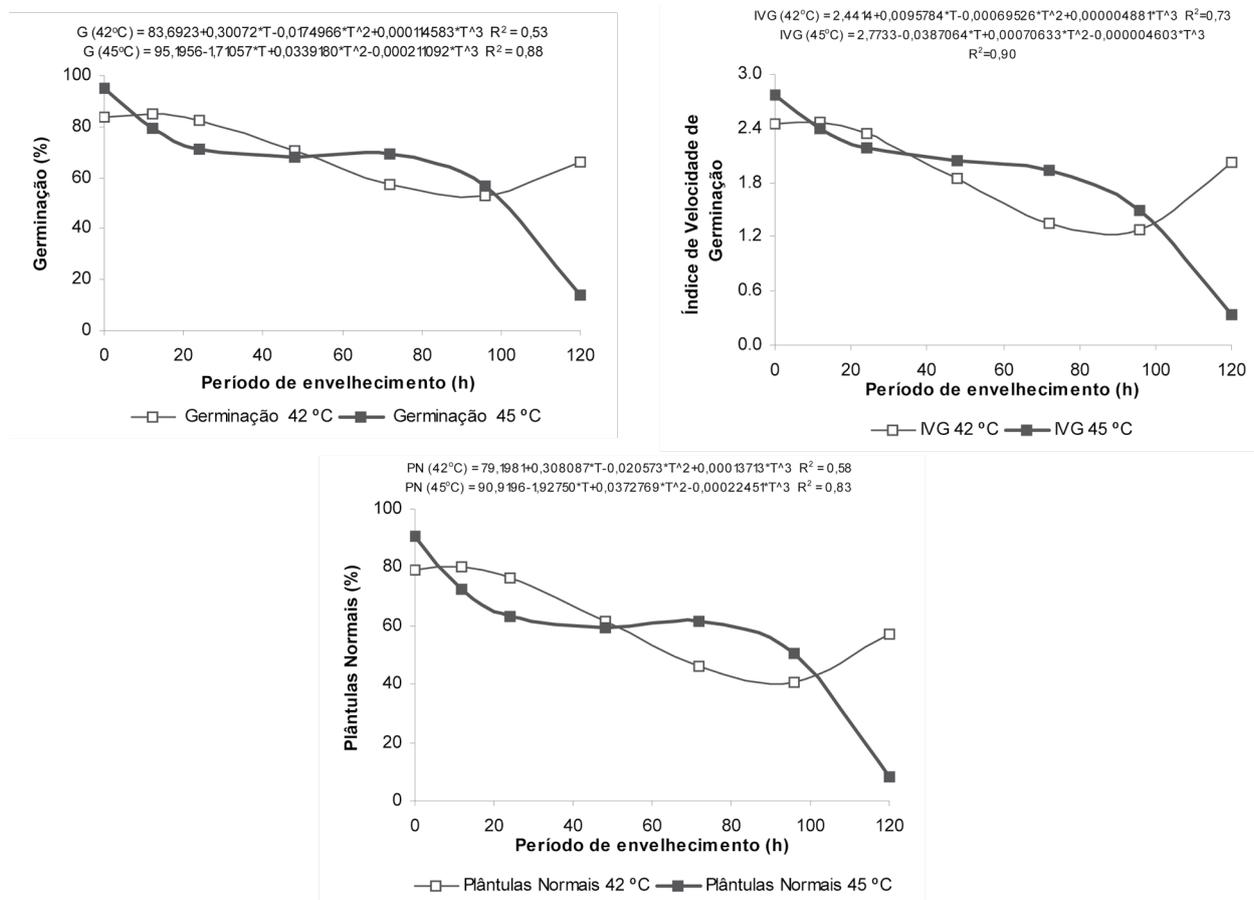
**Tabela 2.** Quadrados médios de germinação (G,  $\arcsen(\sqrt{G}/100)$ ), índice de velocidade de germinação (IVG) e de plântulas normais (PN,  $\arcsen(\sqrt{PN}/100)$ ), proveniente de sementes de *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. (tingui-preto) submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 e 45 °C por diferentes períodos.

**Table 2.** Mean squares for germination (G,  $\arcsen(\sqrt{G}/100)$ ), speed germination index (SGI) and normal seedlings (PN,  $\arcsen(\sqrt{PN}/100)$ ), from *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. seeds submitted to accelerated aging at 42 and 45 °C, in different periods.

FV	GL	Quadrados Médios		
		G	IVG	PN
Temp – T	1	257,702**	0,026 <sup>ns</sup>	364,684**
Per – P	6	1071,554**	2,507**	1309,668**
T x P	6	782,304**	1,676**	1092,826**
Resíduo	42	26,018	0,127	26,065
Média		56	1,938	51
CV(%)		9,10	18,39	9,94

<sup>ns</sup> - valores não significativos pelo teste F (P > 0,01)

\*\* - valores significativos pelo teste F (P ≤ 0,01).



**Figura 1.** Germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais de *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. (tingui-preto), provenientes de sementes submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 e 45 °C, por diferentes períodos.

**Figure 1.** Germination, speed germination index and normal seedling percentages of *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. seeds submitted to accelerated aging at 42 and 45 °C for different periods.

**Tabela 3.** Desdobramento da interação temperatura x período de envelhecimento (T x P) para germinação (G,  $\arcsen(\sqrt{G/100})$ ), índice de velocidade de germinação (IVG) e plântulas normais (PN,  $\arcsen(\sqrt{G/100})$ ) provenientes de sementes de *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. (tingui-preto) submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 e 45°C por diferentes períodos.

**Table 3.** Breakdown of the interaction temperature x period of aging (T x P) for germination (G,  $\arcsen(\sqrt{G/100})$ ), speed germination index (IVG) and normal seedlings (PN,  $\arcsen(\sqrt{G/100})$ ) from *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. seeds submitted to accelerated aging 42 and 45 °C, in different periods.

	G		IVG		PN	
	42°C	45°C	42°C	45°C	42°C	45°C
0 h	73 a	73 a	2,707 a	2,707 a	68 a	68 a
12 h	61 a	64 a	2,116 a	2,358 a	59 a	61 a
24 h	61 a	62 a	2,186 a	2,431 a	58 a	56 a
48 h	59 a	56 a	2,078 a	2,269 a	58 a	51 a
72 h	60 a	47 b	1,633 a	1,532 a	56 a	41 b
96 h	35 b	58 a	0,837 b	1,895 a	23 b	56 a
120 h	58 a	16 b	2,163 a	0,225 b	53 a	7 b

Médias seguidas por uma mesma letra na linha, dentro de cada período de envelhecimento, para cada característica avaliada, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey.

### Teste de Condutividade Elétrica

O teor de água das sementes na época de realização desse estudo era de 10%. Houve efeito significativo do número de sementes por amostra, volume de água e períodos de embebição e das interações entre esses fatores, nos resultados de condutividade elétrica (Tabela 4).

Maiores valores de condutividade elétrica foram observados com o uso de menores quantidades de sementes, de menores volumes de água e com o aumento do tempo de embebição das sementes (Figura 2). Estes resultados estão concordantes com os obtidos por Marques *et al.* (2002 a, 2002 b) em trabalhos conduzidos com sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. (jacarandá-da-Bahia) e por Gonçalves *et al.* (2008), com sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. (mutamba). Para um mesmo volume, o aumento do número de sementes, em geral, promoveu menores valores de condutividade elétrica. Uma explicação para esses resultados está na forma como a condutividade elétrica é expressa, ou seja, por meio da divisão

do valor da leitura obtida no condutímetro pela massa fresca de sementes (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999). Ao considerar apenas os valores da leitura de condutividade, verifica-se que os mesmos são consistentemente maiores quando se usa maior número de sementes. Acontece, porém que esse acréscimo não é proporcional ao aumento no número de sementes. Por outro lado, o aumento na massa de sementes é diretamente proporcional ao aumento no número de sementes. Assim, ao expressar a condutividade elétrica como descrito acima, o resultado poderá ser menor, pois é dependente dos valores envolvidos em seu cálculo. Outra explicação pode ser obtida no próprio conceito do teste de condutividade elétrica o qual baseia-se na capacidade da membrana em regular o fluxo de entrada e saída dos solutos (CARVALHO, 1994). Assim, pode-se levantar a suspeita de reabsorção de eletrólitos pelas sementes, de forma a se atingir um equilíbrio entre a semente e a solução circundante. Este último fato, contudo, deve ser objeto de pesquisas.

**Tabela 4.** Quadrados médios para condutividade elétrica de sementes de *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. (tingui-preto), provenientes de diferentes volumes de água, número de sementes e períodos de embebição das sementes, a 25 °C.

**Table 4.** Mean squares for electrical conductivity of *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. seeds, obtained from different water volumes, number of seeds and periods of seed imbibition at 25 °C.

FV	GL	Quadrados Médios
Volume de água (V)	2	223135,7**
Número de Sementes (NS)	2	328295,4**
V x NS	4	23169,27**
Erro A	27	3596,92
Período de Embebição (P)	10	85417,86**
P x V	20	2052,24**
P x NS	20	4932,93**
P x V x NS	40	1662,52**
Erro B	270	508,22
Média		240,07
CV-Parcela(%)		9,39
CV-Sub-Parcela(%)		24,98

\*\* - valores significativos pelo teste F ( $P \leq 0,01$ ).

Pode-se observar que no maior volume (100 mL) houve pouca diferença nos padrões de lixiviação nos períodos iniciais de embebição, independentemente do número de sementes. Isto é importante, pois caso o interesse seja por ter resultados mais rápidos, deve-se adotar menor volume de embebição, por exemplo, 50 ou 75 mL. Observação semelhante foi feita por Santos e Paula (2005) em estudo de adequação do teste de condutividade elétrica para sementes de branquilho.

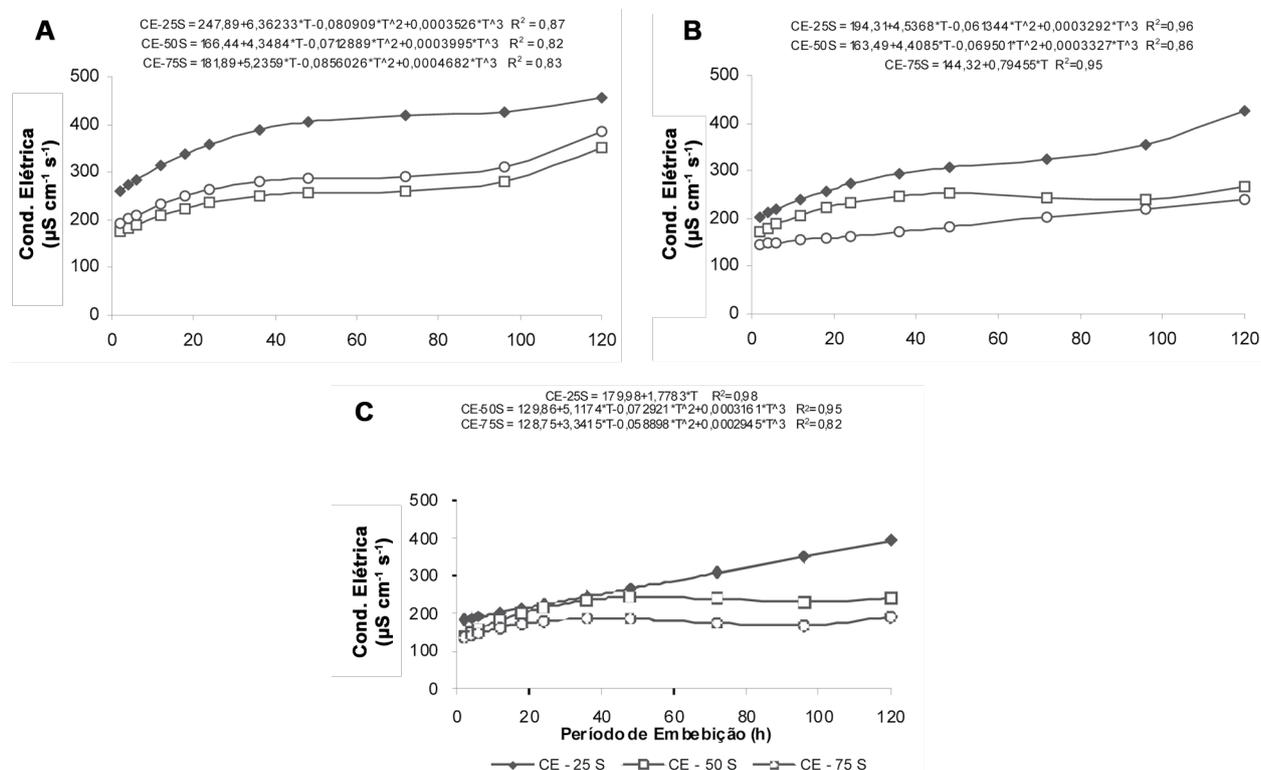
O que se tem constatado é que quanto menor o número de repetições e de sementes por repetição, maior é a variabilidade entre os resultados do teste de condutividade elétrica (VIEIRA e KRZYŻANOWSKI, 1999). Santos e Paula (2005) sugerem o uso de maior número de repetições na condução do teste de condutividade elétrica para sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilho).

A determinação do número de sementes por repetição para o teste de condutividade elétrica, tem sido objeto de recentes estudos com espécies florestais. Nestas espécies, dada a limitação da quantidade de sementes disponíveis, esta definição assume grande importância. Marques *et al.* (2002a, 2002b), avaliando diferentes volumes de água, número de sementes e tempera-

tura para realização do teste de condutividade elétrica em *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia), demonstraram que o mesmo foi eficiente para a diferenciação de lotes de sementes desta espécie quando foram usadas 50 sementes embebidas por, pelo menos, 30 horas em 75 mL de água deionizada a 25 °C.

Marques *et al.* (2002a; 2002b), com sementes de jacarandá-da-bahia, Santos e Paula (2005), com *Sebastiania commersoniana* e Tesser (2005) com diferentes lotes de sementes de *Solanum granulolum-leprosum*, *S. lycocarpum* e *S. pseudoquina* e Gonçalves *et al.* (2008) com *Guazuma ulmifolia*, avaliaram padrões de condutividade elétrica, variando o número de sementes, volumes de água e tempos de embebição. Constata-se nesses trabalhos que não há padrão definido de lixiviação pelas sementes frente aos fatores estudados, tampouco é possível a recomendação da condutividade elétrica como teste de vigor para todas as espécies, a exemplo dos trabalhos de Tesser (2005) e de Gonçalves *et al.* (2008).

Houve tendência, nas diferentes combinações, de estabilização dos valores da condutividade entre 36 e 96 h, com posterior aumento com 120 h de embebição. Este aumento pode ter ocorrido devido à evaporação da água nos maiores períodos



**Figura 2.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de sementes de *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. (tingui-preto) em diferentes volumes de água (A - 50 mL; B - 75 mL; C - 100 mL), número de sementes (25 S - 25 sementes; 50 S - 50 sementes; 75 S - 75 sementes) e períodos de embebição a 25 °C.

**Figure 2.** Electrical conductivity of *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. seeds ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) in different water volumes (A - 50 mL, B - 75 mL; C - 100 mL), number of seeds (25 S - 25 seeds, 50 S - 50 seeds, 75 S - 75 seeds) and periods of imbibition at 25 °C.

de embebição, fazendo com que a concentração de lixiviados se tornasse maior e, conseqüentemente, causando aumento no valor da condutividade. Este fato foi, também, observado Santos e Paula (2005), com sementes de branquilha, e por Paula (2007) em sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim-do-campo). Assim, o uso de 25 sementes embebidas em 50 mL de água, embebidas por pelo menos 48 h, pode ser recomendado para a condução do teste de condutividade para sementes de tringui-preto. Embora esse número de sementes aqui recomendado seja, a principio, discordante de trabalhos realizados com outras espécies, o mesmo associado a menor volume de embebição proporcionou resultados consistentes de lixiviação de eletrólitos.

## CONCLUSÕES

Para sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (tingui-preto) recomenda-se que o teste de envelhecimento acelerado seja conduzido a 45 °C por 72 h e o teste de condutividade elétrica, seja conduzido com 25 sementes embebidas em 50 mL de água deionizada, por pelo menos 48 h a 25 °C.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio e concessão de bolsas de iniciação científica e produtividade em pesquisa aos autores respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).

BONNER, F.T. Measurement of seed vigor for loblolly and slash pines. **Forest Science**, Washington, v.32, n.1, p.170-178, 1986.

BONNER, F.T. Leachate conductivity: A rapid nondestructive test for pine seed quality. **Tree Planter's Notes**, Washington, v.42, n.2, p.41-44, 1991.

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**, Brasília, v.12, n.1, p.56-62, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para a análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CARVALHO, N. M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.1-30.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 424p.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. - bombacaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.345-352, 2005.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, D.; OLIVEIRA, A.F.; GEMAQUES, R.C.R. Qualidade fisiológica de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae Caesalpinioideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n.1, p. 82-86, 2004.

GONÇALVES, E.P. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) por meio de diferentes testes de vigor**. 2003. 64p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

GONÇALVES, E.P.; PAULA, R.C.; DEMATTÊ, M.E.S.P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam.. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, p.265-276, 2008.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; BRUNO, R.L.A.; COLARES, P.N.Q. Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.2, p.323-330, 2009.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1995. 117p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v.1, 321p.

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

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-150.

- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.3.1-3.24.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.271-278, 2002a.
- MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. Efeito do número de sementes e do volume de água na condutividade elétrica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.254-262, 2002b.
- NAKAGAWA, J.; MORI, E.S.; AMARAL, W.A.N.; MELLO, E.J. Envelhecimento acelerado em sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden classificadas por tamanho. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.60, p.99-108, 2001.
- NEGREIROS, G.F.; PEREZ, S.C.J.G.A. Resposta fisiológica de sementes de palmeiras ao envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.391-396, 2004
- PAULA, R.C. **Repetibilidade e divergência genética entre matrizes de *Pterogyne nitens* tul. (Fabaceae – Caesalpinioideae) por caracteres biométricos de frutos e de sementes e parâmetros da qualidade fisiológica de sementes**. 2007. 128p. Tese (Livro-Docência em Silvicultura) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.
- PIZETTA, P.U.C.; SILVA FILHO, D.F.; PAULA, R.C. Efeito do envelhecimento acelerado sobre o comportamento germinativo de sementes de coração-de-negro (*Poecilanthe parviflora* Benth. – Fabaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 12., 2001, Curitiba. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 165, 2001.
- SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs – euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.2, p.136-145, 2005.
- 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**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2007.
- TESSER, S. M. **Teste de condutividade elétrica para discriminação de lotes de sementes de três espécies arbóreas do gênero *Solanum***. 2005. 49p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.
- VALENTINI, S.R.T.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Aplicação do teste de vigor em sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.75-84 (Série Registros, 14).
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.

Recebido em 07/12/2009

Aceito para publicação em 08/06/2010

