

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOMÉTRICAS EM SEMENTES DE *Melanoxylon brauna* Schott DURANTE A GERMINAÇÃO EM DIFERENTES TEMPERATURAS¹

Glauciana da Mata Ataíde^{2*}, Eduardo Euclides de Lima Borges³ e Argemiro Teixeira Leite Filho⁴

¹ Recebido em 14.08.2014 aceito para publicação em 20.11.2015.

² Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <glaucianadamata@yahoo.com.br>.

³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <elborges@ufv.br>.

⁴ Universidade Federal de Viçosa, Graduando em Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <argemirotlf@gmail.com>.

*Autor para correspondência.

RESUMO – Objetivou-se neste trabalho estudar as alterações biométricas e a germinação das sementes de *Melanoxylon brauna* em diferentes temperaturas. As sementes foram colocadas para germinar nas temperaturas constantes de 10, 25, 30 e 40 °C. Sementes da espécie também foram expostas às temperaturas de 10 e 40 °C, por períodos de 24, 48, 72 e 96 h, e transferidas para a temperatura de 25 °C. Foram analisados a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação. Durante a germinação nas temperaturas constantes, avaliaram-se as alterações biométricas do comprimento e a massa de matéria fresca dos eixos embrionários. Nas temperaturas de 25 e 30 °C, foram verificados 93 e 98% de germinação, respectivamente. Em 10 e 40 °C, a germinação foi de 5%. O IVG foi significativamente maior a 30 °C. A embebição das sementes a 10 e 40 °C, com posterior retorno a 25 °C, resultou em acréscimos na germinação, em comparação com as temperaturas constantes. O comprimento e a massa de matéria fresca dos eixos embrionários aumentaram contínua e progressivamente durante a embebição.

Palavras-chave: Germinação; Braúna; Sementes florestais.

PHYSIOLOGICAL AND BIOMETRIC CHANGES IN *Melanoxylon brauna* Schott SEEDS DURING GERMINATION AT DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT – The aim of this work was to study the biometric changes and seed germination of *Melanoxylon brauna* at different temperatures. The seeds were germinated at constant temperatures of 10, 25, 30 and 40 °C. Seeds of the species were also exposed to temperatures of 10 and 40 °C for periods of 24, 48, 72 and 96 hours and transferred to 25 °C. The germination percentage, germination speed index (GSI) and mean germination time were analyzed. During germination at constant temperatures, the biometric changes of length and fresh weight of embryonic axes were evaluated. At temperatures of 25 and 30 °C, 93 and 98% germination were recorded, respectively. On 10 and 40 °C germination was 5%. The GSI was significantly higher at 30 °C. The soaking of seeds at 10 and 40 °C with subsequent return to 25 °C resulted in increases in germination, compared to constant temperatures. The length and fresh weight of embryonic axes increased continuously and progressively during soaking.

Keywords: Germination; Braúna; Forest seeds.



1. INTRODUÇÃO

Melanoxylon brauna, popularmente conhecida como braúna, braúna-preta ou garaúna, é uma espécie arbórea da família Fabaceae Caesalpinoideae, de ocorrência natural na Floresta Atlântica dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia e Espírito Santo (LORENZI, 2008). A espécie possui madeira muito pesada e compacta, sendo própria para obras externas e hidráulicas, moirões, postes e construção civil (CARVALHO, 2003). A árvore apresenta também características ornamentais que destacam sua utilização em projetos paisagísticos e para arborização de praças (SANTOS; RAMALHO, 1996).

No entanto, em face da exploração extrativista de sua madeira, a espécie atualmente encontra-se na “Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção”, na categoria vulnerável, segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2008), restando poucos fragmentos florestais com a espécie, em geral pequenos e isolados (CARVALHO et al., 2007; CREPALDI; PEIXOTO, 2010; VERSIEUX et al., 2011). Nesse contexto, estudos da germinação das sementes são o ponto de partida para o desenvolvimento de novas estratégias para a conservação da espécie, haja vista ser esta sua principal forma de propagação.

A germinação compreende um complexo e ordenado conjunto de eventos bioquímicos e fisiológicos, que se iniciam com a absorção de água pelas sementes, que irá desencadear a ativação do metabolismo, culminando com o surgimento do eixo embrionário (BEWLEY et al., 2013). Para que ocorra o rompimento do tegumento ou dos tecidos circundantes pelo embrião, diversos fatores intrínsecos e extrínsecos às sementes influenciam no processo, atuando isoladamente ou em interação com os demais.

A temperatura assume papel primordial no decorrer da germinação, controlando a intensidade e velocidade (SANTOS NETO et al., 2008; KUMAR et al., 2011; ORZARI et al., 2013), regulando as taxas de embebição, liberação de eletrólitos (MURPHY; NOLAND, 1982; KADER; JUTZI, 2002) e mobilização de reservas (ATAÍDE et al., 2013), afetando o crescimento e vigor das plântulas (MOTA et al., 2012; ALVES et al., 2013; PACHECO JUNIOR et al., 2013) e regulando a transcrição de genes associados à germinação (CHENG et al., 2010; CHIU et al., 2012).

Durante o processo de germinação, modificações biométricas no tamanho e peso das sementes ocorrem simultaneamente, dirigidas pela absorção de água pelos

tecidos, de forma a permitir o fornecimento de componentes metabólicos para o desenvolvimento do eixo embrionário (INGLE et al., 1964). Em sementes de *Caesalpinia peltophoroides* foi observado aumento exponencial na massa de cotilédones e eixos embrionários durante a germinação, em razão do incremento da turgescência dos tecidos (CORTE et al., 2006). Bishnoi et al. (1993) relacionaram o alongamento do eixo embrionário em sementes de *Pisum sativum* aos incrementos significativos no comprimento e massa de matéria fresca da radícula aos quatro e oito dias após o início da embebição a 25 °C.

Considerando a influência das condições ambientais sobre as sementes durante a germinação e a importância da espécie nos aspectos ecológico e econômico, neste trabalho objetivou-se quantificar as alterações na germinação e em aspectos biométricos das sementes de *Melanoxylon brauna* em diferentes temperaturas.

2. MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi realizado em Viçosa (UFV), no período de outubro/2012 a fevereiro/2013. Para as análises, frutos de *Melanoxylon brauna* foram coletados em matrizes selecionadas na região de Leopoldina, Minas Gerais (21° 31' 55" S e 42° 38' 35" W), em setembro de 2012.

Após a coleta, os frutos foram secos ao sol até a sua abertura, sendo as sementes extraídas manualmente. Durante o beneficiamento, foram retiradas as impurezas e eliminadas as sementes deterioradas ou danificadas por pragas e insetos. As sementes selecionadas foram acondicionadas em tambores de fibra e armazenadas em câmara fria a 5 °C e 60% UR, por um mês, quando se iniciaram os testes.

As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri sobre duas folhas de papel-toalha umedecidas com água destilada nas temperaturas constantes de 10, 25, 30 e 40 °C, sob luz constante proporcionada por quatro lâmpadas de 40 W tipo luz do dia, por 10 dias. A análise da germinação nas diferentes temperaturas foi realizada por meio do cálculo da porcentagem de germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG), em cinco repetições de 20 sementes por tratamento.

Em seguida, um novo teste foi realizado, visando avaliar a capacidade de recuperação das sementes após exposição às temperaturas estressantes. Para tanto, amostras independentes foram colocadas para germinar nas temperaturas de 10 e 40 °C, nas mesmas condições descritas anteriormente. Em intervalos de 24 h, durante quatro dias, foram transferidas para a temperatura de 25 °C, avaliando-se a porcentagem de germinação, IVG e TMG.

Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram emissão de raiz primária, sendo os resultados expressos em porcentagem média. O IVG foi calculado de acordo com a fórmula apresentada por Maguire (1962) e o TMG, segundo Labouriau (1983). Também foram utilizadas cinco repetições de 20 sementes de cada tratamento.

Durante o processo germinativo nas temperaturas constantes de 10, 25, 30 e 40 °C, amostras de sementes foram retiradas nas análises do comprimento e massa dos eixos embrionários. Para tanto, os eixos embrionários foram retirados manualmente sobre gelo, com o auxílio de bisturi e luvas de procedimento cirúrgico.

Para o cálculo do comprimento médio dos eixos embrionários, estes foram medidos individualmente, utilizando um ampliador fotográfico com escala de 3,3 vezes e régua milimetrada. A massa média dos eixos embrionários foi computada pela pesagem das amostras em balança com precisão de 0,0001 g. Foram utilizadas oito repetições de 10 eixos embrionários por tratamento. Essas medições foram realizadas a cada 24 h.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância após terem sido realizados os testes de Lilliefors e de Cochran e Bartlett, para verificar a normalidade e homogeneidade dos erros. Os valores médios de germinação, IVG e TMG foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância. A significância dos parâmetros das equações de regressão foi avaliada por meio do teste t a 5%. O programa estatístico utilizado foi o Statistica 8.0 (STATSOFT, 2008).

3. RESULTADOS

As maiores médias de germinação de sementes de *M. braúna* foram verificadas nas temperaturas de 25 e 30 °C, com valores de 93 e 98%, respectivamente (Figura 1a). Embora sem diferença significativa na porcentagem final de germinação entre as duas

temperaturas, a velocidade média de germinação foi significativamente superior a 30 °C (Figura 1bc). Nas temperaturas de 10 e 40 °C, a germinação foi de 5%, com médias de IVG e TMG sem diferenças significativas, apesar de a temperatura de 40 °C reduzir o tempo médio de germinação em 1,45 dia, em relação àquelas germinadas a 10 °C.

A embebição das sementes a 10 °C com posterior retorno a 25 °C resultou em acréscimos na germinação em todos os tempos estudados, em comparação com a temperatura constante de 10 °C, sendo esses acréscimos significativos em todos os casos (Figura 2a). Ao transferir as sementes para a temperatura de 25 °C, obtiveram-se aumentos de 85, 77, 76 e 66 pontos percentuais na germinação, após a exposição das sementes por 24, 48, 72 e 96 h na temperatura de 10 °C, respectivamente. À medida que aumentou o período de exposição das sementes à baixa temperatura, observou-se redução gradativa na velocidade de germinação (Figura 2b), com aumento no tempo médio para o processo germinativo, porém sem diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2c).

A viabilidade e vigor das sementes começaram a crescer, apesar de as sementes manterem médias de IVG superiores à observada na temperatura constante de 10 °C e, ainda, permaneceram com germinação acima de 70% quando mantidas a 25 °C por algum período de tempo. Dessa forma, as sementes de *M. braúna* na temperatura de 10 °C por períodos de até 96 h ainda se restabeleceram em condições ideais de temperatura.

As sementes colocadas para embeber na temperatura de 40 °C e transferidas para 25 °C apresentaram germinação média de 90% quando o tempo na temperatura alta foi de 24 h, 98% quando esse período passou para 48 h e 93 e 91% após 72 e 96 h, respectivamente (Figura 3b). Nesse caso, a exposição das sementes à alta temperatura por pequenos períodos não causou alterações significativas na viabilidade ou no vigor das sementes, apesar de ter reduzido a velocidade de germinação (Figura 3bc).

O comprimento dos eixos embrionários aumentou continuamente durante a embebição nas temperaturas de 25, 30 e 40 °C e se manteve estável na temperatura de 10 °C (Figura 4a). Observa-se que as médias de comprimento são similares até as primeiras 24 h de embebição nas diferentes temperaturas, começando a se diferenciarem desse ponto em diante. Após 96 h de embebição, maiores médias de comprimento foram

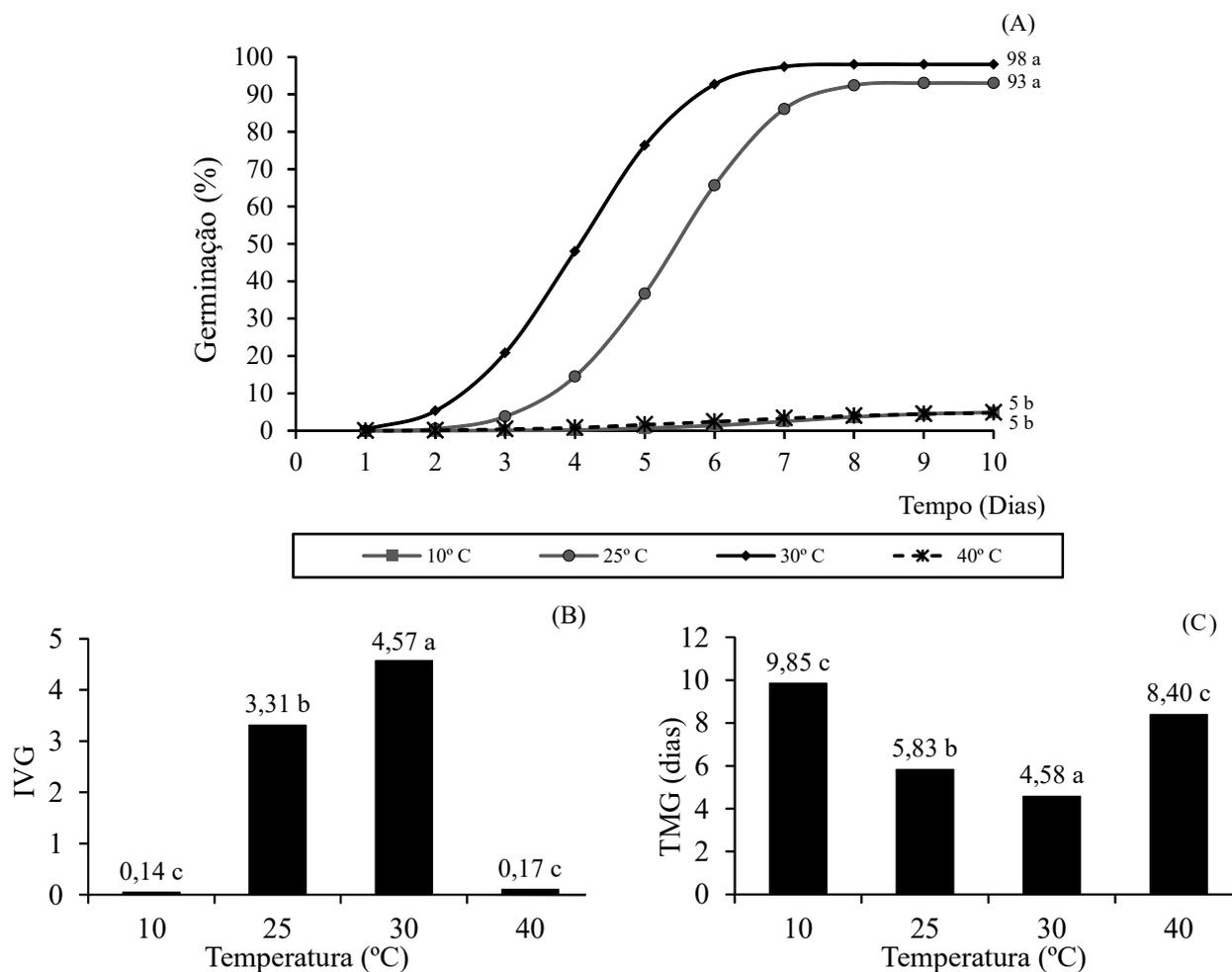


Figura 1 – Germinação (A), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (B) e Tempo Médio de Germinação (TMG) (C) de sementes de *Melanoxylon brauna* nas temperaturas de 10, 25, 30 e 40 °C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Tukey.

Figure 1 – Germination (a), Germination Speed Index (GSI) (b) and mean germination time (MGT) (c) of *Melanoxylon brauna* seeds at temperatures of 10, 25, 30 and 40 °C. Means followed by the same letter do not differ at 5% by Tukey test.

observadas nas temperaturas de 25 e 30 °C, haja vista que nessas já se observava protrusão da radícula em algumas sementes, o que foi suficiente para elevar as médias. À temperatura de 40 °C, o crescimento do embrião aumenta a partir de 48 h, em taxas progressivas, porém em 96 h de embebição assume valores inferiores ao das temperaturas de 25 e 30 °C.

As médias de massa fresca dos eixos embrionários de sementes de *M. brauna* encontram-se na Figura 4b. As sementes mantidas nas temperaturas de 25, 30 e

40 °C tiveram a massa fresca dobrada após 96 h de embebição, enquanto a 10 °C esse acréscimo foi de cerca de 50%. Semelhante ao comprimento dos eixos embrionários, as maiores médias da massa de matéria fresca ao final do período analisado foram verificadas nas temperaturas de 30 e 25 °C, com valores de 12,1 e 10,5 mg, respectivamente. Houve na massa de matéria fresca aumento durante a embebição na temperatura de 10 °C, enquanto o comprimento dos eixos embrionários nessa temperatura não acompanhou tal tendência.

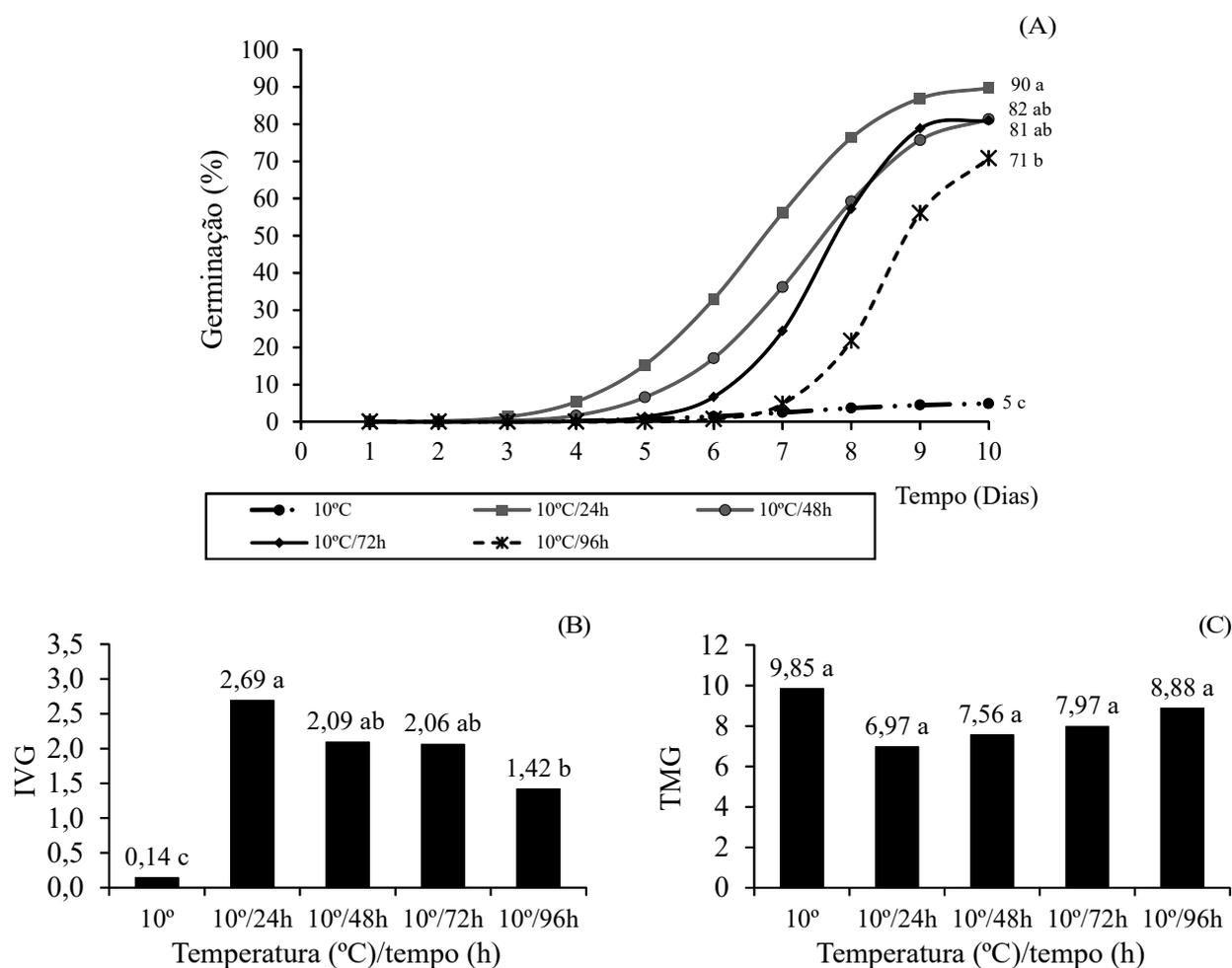


Figura 2 – Germinação (a), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (b) e Tempo Médio de Germinação (TMG) (c) de sementes de *Melanoxylon brauna* colocadas para germinar na temperatura constante de 10 °C e por períodos de 24, 48, 72 e 96 h a 10 °C, com posterior transferência para 25 °C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Tukey.

Figure 2 – Germination (a), Germination Speed Index (GSI) (b) and mean germination time (MGT) (c) of *Melanoxylon brauna* seeds germinated at constant temperature of 10 °C and for periods of 24, 48, 72 and 96 hours at 10 °C and then transferred to 25 °C. Means followed by the same letter do not differ at 5% by Tukey test.

4. DISCUSSÃO

As maiores médias obtidas de germinação de sementes de *M. brauna* estão de acordo com as apresentadas por Flores et al. (2014), que afirmaram ser na faixa de 25 a 30 °C ótima para a germinação da espécie. A temperatura ideal de germinação é aquela que possibilita número máximo de sementes germinadas em menor período de tempo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000) e, em sementes florestais, pode variar conforme as distribuições geográfica e ecológica das espécies,

como o bioma, o grupo sucessional e a adaptação fisiológica às condições ambientais dos locais de ocorrência (BRANCALION et al., 2010).

Borges e Rena (1993) citaram que as temperaturas que mais estimulam o processo germinativo das espécies arbóreas tropicais e subtropicais situam-se na faixa de 20 a 30 °C, valores confirmados por Virgens et al. (2012), Alves et al. (2013), Costa et al. (2013) e Guedes et al. (2013), nas espécies *Myracrodruon urundeuva*, *Clitoria fairchildiana*, *Bauhinia forficata* e *Apeibati*

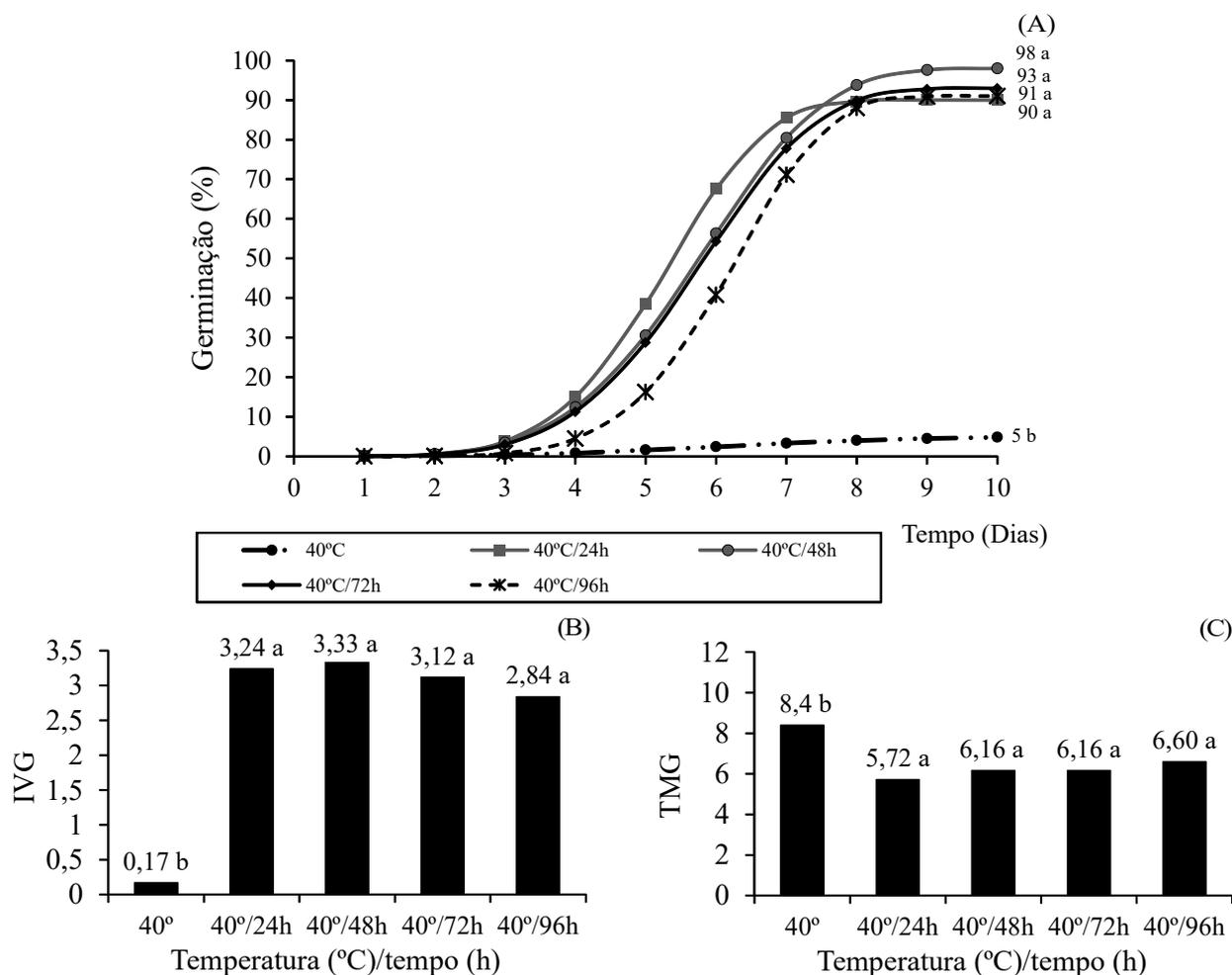


Figura 3 – Germinação (a), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (b) e Tempo Médio de Germinação (TMG) (c) de sementes de *Melanoxylon brauna* colocadas para germinar na temperatura constante de 40 °C e por períodos de 24, 48, 72 e 96 h a 40 °C, com posterior transferência para 25 °C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Tukey.

Figure 3 – Germination (a), Germination Speed Index (GSI) (b) and mean germination time (MGT) (c) of *Melanoxylon brauna* seeds germinated at constant temperature of 40 °C and for periods of 24, 48, 72 and 96 hours at 40 °C and then transferred to 25 °C. Means followed by the same letter do not differ at 5% by Tukey test.

bourbou, respectivamente. Considerando espécies específicas do bioma Mata Atlântica, como a *M. brauna*, tem-se observado requerimento térmico para a germinação entre 25 e 30 °C e também em *Dalbergia nigra* (FERRAZ-GRANDE; TAKAKI, 2001), *Cecropia glaziovii* (GODOI; TAKAKI, 2005), *Caesalpinia ferrea* (LIMA et al., 2006) e *Astronium concinnum* (SOUZA et al., 2012).

As temperaturas 10 e 40 °C comprometeram o desenvolvimento do processo germinativo de *M. brauna* de maneiras diferentes. As injúrias por baixas ou altas

temperaturas durante a germinação estão relacionadas às alterações fisiológicas e bioquímicas com danos ao sistema de membranas, que causam perda de substâncias orgânicas pelos eixos embrionários quando submetidos a tais condições de estresse (GUAN et al., 2009) ou, mesmo, à produção de substâncias reativas do oxigênio.

A produção de peróxido de hidrogênio pode estar envolvida nos danos causados à germinação, conforme foi observado no eixo embrionário de sementes de *M. brauna*, em que as atividades das enzimas superóxido

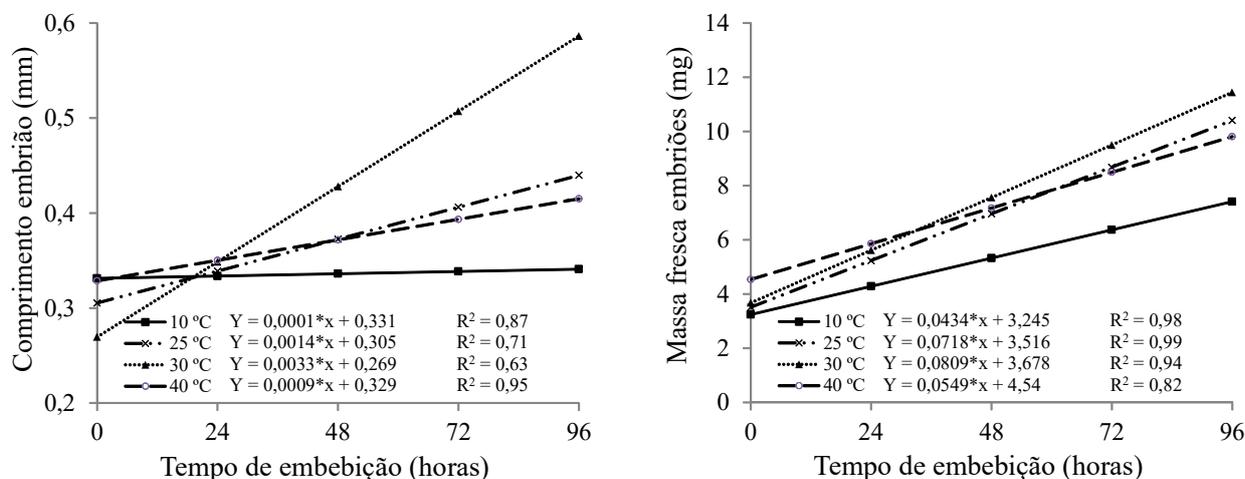


Figura 4 – Alterações no comprimento (a) e na massa de matéria fresca (b) dos eixos embrionários de sementes de *Melanoxyton brauna*, durante a germinação nas temperaturas de 10, 25, 30 e 40 °C.

Figure 4 – Changes in length (a) and fresh weight (b) of embryonic axes of *Melanoxyton brauna* seeds during germination at temperatures of 10, 25, 30 and 40 °C.

dismutase e catalase apresentaram maiores alterações ao longo da germinação em 15 e 40 °C, demonstrando que temperaturas estressantes provocam danos oxidativos nessa espécie, como a produção de H₂O₂ (FLORES et al., 2014). Em sementes de *Dalbergia nigra*, o teor de superóxido também decresceu em todas as temperaturas, à exceção em 5 °C, conforme Matos et al. (2014).

A temperatura de 40 °C, todavia, resultaria na desnaturação de enzimas importantes no processo metabólico ou, mesmo, na produção de substâncias reativas de oxigênio, conforme verificado por Matos et al. (2014) em sementes de *Dalbergia nigra*, em que a produção de superóxido aumentou nas temperaturas mais altas, em que não houve germinação, e nas de *M. brauna*, conforme Flores et al. (2014), em que houve aumento das atividades das enzimas superóxido dismutase e catalase, indicando a presença de superóxido e superóxido de hidrogênio.

Segundo Sharma et al. (2012), citando vários autores, o aumento de substâncias reativas de oxigênio durante o estresse, incluindo a temperatura, pode resultar na inibição de enzimas e peroxidação de lipídios que podem causar a morte da célula. A peroxidação de lipídios em sementes, quando ocorre em nível de membrana celular, compromete a sua atividade, afetando a semipermeabilidade e permitindo o extravasamento de solutos para o meio.

A capacidade de recuperação do metabolismo das sementes de *M. brauna* quando a temperatura retorna a níveis adequados (25 °C) permite inferir que a temperatura de 10 °C, apesar de proporcionar menor germinação das sementes (5%), não causou terminação do processo germinativo quando mantidas por até 72 h. Entretanto, percebe-se que o efeito negativo da temperatura é sentido em 24 h de exposição. Como o eixo embrionário está separado do meio apenas pelo fino tegumento, a baixa temperatura é facilmente sentida. Ademais, a fina camada de galactomanana que envolve o eixo teria a capacidade de reter a água naquela temperatura, criando ambiente inicial hostil em curto espaço de tempo.

O efeito da temperatura de 40 °C, no entanto, é menos prejudicial à germinação quando as sementes de *M. brauna* são mantidas por até 96 h, o que denota mecanismos diferentes de ação da temperatura. Um dos possíveis mecanismos para explicar a adaptação das sementes ao estresse térmico é a indução da expressão de genes das proteínas de choque térmico, ou *heat shock proteins* (HSP). Segundo Meyer e Silva (1999), esses genes, até então quiescentes, são induzidos pelo calor, fazendo que as células que sintetizaram HSP fiquem protegidas contra novas exposições, o que se reflete em menores lesões no organismo ou em partes dele. O isolamento do gene da HSP NnHSP17.5 de *Nelumbo nucifera* e posterior expressão em sementes de *Arabidopsis* resultou em aumento no vigor,

germinação e atividade de enzimas do complexo antioxidante das sementes, além de maior termotolerância das mudas em condições de estresse térmico, conforme Zhou et al. (2012). No entanto, os mecanismos pelos quais as HSPs estão envolvidas na proteção de células não são completamente compreendidos, existindo forte evidência de que atuam como acompanhantes celulares apresentando um ATP independente, que se liga a proteínas desnaturadas, impede a agregação térmica e auxilia no bom dobramento destas durante o estresse celular (LEE; VIERLING, 2000; SUN et al., 2002; NAKAMOTO; VIGH, 2007).

Os comprimentos dos eixos embrionários de *M. brauna* aumentaram com a elevação da temperatura, à exceção de 10 °C. Na temperatura de 40 °C, a taxa de crescimento foi menor em relação às de 25 e 30 °C e, embora houvesse aumento no comprimento, não resultou em protrusão radicular.

Analisando o comportamento das curvas das massas frescas nas diferentes temperaturas, percebeu-se que ao final de 96 h de hidratação a distribuição é similar ao do comprimento. No entanto, os resultados no comprimento das temperaturas de 10 e 40 °C não refletiram nos padrões de germinação, uma vez que não houve, ou foi baixa, a protrusão radicular. Dessa forma, é possível supor, em termos físicos, que as embebições a 10 e a 40 °C, ao atingirem o potencial de parede das células da radícula, não foram suficientes para ultrapassar o limite de resistência da parede celular, conforme proposta de Lockhart (1965), ou seja, o crescimento potencial do embrião ficou comprometido, apesar de ter ocorrido hidratação das sementes.

5. CONCLUSÃO

A germinação de sementes de *M. brauna* é significativamente inibida ou reduzida nas temperaturas de 10 e 40 °C, respectivamente.

A embebição das sementes nas temperaturas de 10 ou 40 °C por curtos períodos de tempo, com posterior retorno a 25 °C, não prejudicou a germinação subsequente.

Durante a germinação, ocorreram alterações significativas no comprimento e massa de matéria fresca dos eixos embrionários, independentemente da temperatura. O aumento na massa de matéria fresca nas temperaturas de 10 ou de 40 °C não refletiu em protrusão radicular.

Revista Árvore, Viçosa-MG, v.40, n.1, p.61-70, 2016

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, E.U.; ALVES, M.M.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, K.R.G.; BARROZO, L.M.; SANTOS-MOURA, S.S.; CARDOSO, E.A. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.216-223, 2013.
- ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; GONÇALVES, J.F.C.; GUIMARÃES, V.M.; FLORES, A.V.; BICALHO, E.M. Alterations in seed reserves of *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr All. ex Benth.) during hydration. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.56-63, 2013.
- BEWLEY, J.D., BRADFORD, K., HILHORST, H., NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Nova York: Springer, 2013. 392p.
- BISHNOI, N.R.; DUA, A.; GUPTA, V.K.; SAWHNEY, S.K. Effect of chromium on seed germination, seedling growth and yield of peas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.47, n.1, p.47-57, 1993.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-135.
- BRANCALION, P.H.S.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.15-21, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Instrução Normativa nº 6 de 23 de setembro de 2008.. **Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**.
- CARVALHO, F.A. NASCIMENTO, M.T.; BRAGA, J.M.A. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.717-730, 2007.

- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Germinação de sementes. In: CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p.128-166.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações, silviculturas, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília: Embrapa-SPI, p. 638p, 2003.
- CORTE, V.B.; BORGES, E.E.L.; PONTES, C.A.; LEITE, I.T.A.; VENTRELLA, M.C.; MATHIAS, A.A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.941-949, 2006.
- COSTA, E.S.; SANTOS NETO, A.L.; COSTA, R.N.; SILVA, J.V.; SOUZA, A.A.; SANTOS, V.R. Dormência de sementes e efeito da temperatura na germinação de sementes de mororó. **Revista de Ciências Agrárias**, v.56, n.1, p.19-24, 2013
- CREPALDI, M.O.S.; PEIXOTO, A.L. Use and knowledge of plants by “Quilombolas” as subsidies for conservation efforts in an area of Atlantic Forest in Espírito Santo State, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v.19, n.1, p.37-60, 2010.
- FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.44, p.401-404, 2001.
- FLORES, A.V. BORGES, E.E.L.; GUIMARÃES, V.M.; GONÇALVES, J.F.C.; ATAÍDE, G.M.; BARROS, D.P. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. **Revista Cerne**, v.20, n.3, p.401-408, 2014.
- GODOI, S.; TAKAKI, M. Efeito da temperatura e a participação do fitocromo no controle da germinação de sementes de embaúba. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.2, p.87-90, 2005.
- GUAN, Y. HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Journal of Zhejiang University**, v.10, n.6, p.427-433, 2009.
- GUEDES, R.S. ALVES, E.U.; VIANA, J.S.V.; GONÇALVES, E.P.; LIMA, C.R.; SANTOS, S.R.N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v.23, n.1, p.45-53, 2013.
- INGLE, J.. BEEVERS, L.; HAGEMAN, R.H. Metabolic changes associated with the germination of corn i. changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum, and endosperm. **Plant Physiology**, v.39, p. 735-40, 1964.
- KADER, M.A.; JUTZI, S.C. Temperature, osmotic pressure and seed treatments influence imbibition rates in sorghum seeds. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.188, p. 286-290, 2002.
- KUMAR, B. VERMA, S.K.; SINGH, H.P. Effect of temperature on seed germination parameters in Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall. ex Nees.). **Industrial Crops and Products**, v.34, p.1241-1244, 2011.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983.
- LEE, G.J.; VIERLING, E. A small heat shock protein cooperates with heat shock protein 70 systems to reactivate a heat-denatured protein. **Plant Physiology**, v.122, p.189-197, 2000.
- LIMA, J.D.; ALMEIDA, C.C.; DANTAS, V.A.V.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.513-518, 2006.
- LOCKHART, J.A. An analysis of irreversible plant cell elongation. **Journal of Theoretical Biology**, v.8, p.264-275, 1965.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. v.1. 368p.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination and in selection and evaluation from seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MATOS, A.C.B.; BORGES, E.E.L.; SEKITA, M.C. Production of reactive oxygen species in *Dalbergia nigra* seeds under thermal stress. **Journal Seed Science**, v.36, n.3, p.282-289, 2014.
- MEYER, T.N.; SILVA, A.L. Resposta celular ao estresse. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.45, n.2, p.181-188, 1999.
- MOTA, L.H.S. HEINZ, R.; GARBIATE, V.; SCALON, S.P.Q.; CREMON, T.; VIEGAS NETO, L. Efeito da temperatura e tratamentos pré-germinativos na germinação e vigor de plântulas de *Jatropha curcas* L. **Biotemas**, v.25, n.3, p.29-37, 2012.
- MURPHY, J.B.; NOLAND, T.H. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, v.69, p.428-431, 1982.
- NAKAMOTO, H.; VIGH, L. The small heat shock proteins and their clients. **Cell and Molecular Life Sciences**, v.64, p.294-306, 2007.
- ORZARI, I.; MONQUERO, P.A.; REIS, F.C.; SABBAG, R.S.; HIRATA, A.C.S. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de sementeira. **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.53-61, 2013.
- PACHECO JUNIOR, F. SILVA, J.B.; NEGREIROS, J.R.S.; SILVA, M.R.G.; FARIAS, S.B. Germinação e vigor de sementes de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*) em função da temperatura e da luz. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.2, p.325-333, 2013.
- SANTOS NETO, A.L. MEDEIROS FILHO, S.; TEOFILLO, E.M.; GUIMARÃES, R.M.; BLANK, A.F.; SILVA-MANN, R. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sambacaitá (*Hyptis pectinata* (L.) Poit). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.4, p.19-26, 2008.
- SANTOS, E.; RAMALHO, R.S. Caracterização dendrológica e potencialidades paisagísticas de *Ouratea polygyna* Engl. (Ochnaceae) e *Melanoxylon brauna* (Caesalpinoideae) na arborização urbana. **Revista Árvore**, v.20, n.4, p.535-543, 1996.
- SHARMA, P.; JHAN, A.B.; DUBY, R.S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and Antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, 2012, p.1-26, 2012.
- SOUZA, F.B.C.; MENGARDA, L.H.G.; SPADETO, C.; LOPES, J.C. Substratos e temperaturas na germinação de sementes de gonçalo-alves (*Astronium concinnum* Schott). **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6, n.3, p.76-86, 2012.
- STATSOFT INC. **Statistica data analysis system** version 8.0. Tulsa: 2008.
- SUN, L.; LIU, Y.; KONG, X.; ZHANG, D.; PAN, J.; ZHOU, Y.; WANG, L.; LI, D.; YANG, X. ZmHSP16.9, a cytosolic class I small heat shock protein in maize (*Zea mays*), confers heat tolerance in transgenic tobacco. **Plant Cell Reports**, v.31, p.1473-1484, 2012.
- VERSIEUX, L.M.; MEDEIROS, M.C.M.P.; SPOSITO, T.C.S.; STEHMANN, J.R. Characterization of the tree component in a semideciduous forest in the Espinhaço Range: a subsidy to conservation. **Revista Caatinga**, v.24, n.2, p.85-94, 2011.
- VIRGENS, I.O.; CASTRO, R.D.; FERNANDEZ, L.G.; PELACANI, C.R. Comportamento fisiológico de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae) submetidas a fatores abióticos. **Ciência Florestal**, v.22, n.4, p.681-692, 2012.
- ZHOU, Y.; CHEN, H.; CHU, P.; LI, Y.; TAN, B.; DING, Y.; TSANG, E. W.; JIANG, L.; WU, K.; HUANG, S. NnHSP17.5, a cytosolic class II small heat shock protein gene from *Nelumbo nucifera*, contributes to seed germination vigor and seedling thermotolerance in transgenic Arabidopsis. **Plant Cell Reports**, v.31, p.379-389, 2012.
- Revista Árvore, Viçosa-MG, v.40, n.1, p.61-70, 2016**