

**EFEITOS DO CONDICIONAMENTO SEGUIDO OU NÃO DE SECAGEM EM SEMENTES DE
Pterogyne nitens TUL. SOB ESTRESSE**

**EFFECTS OF PRIMING WITH OR WITHOUT DRYING ON *Pterogyne nitens* TUL. SEEDS UNDER
STRESS**

Rosângela Peres Biruel² Aluísio Brígido Borba Filho² Eugênio Celso Emérito de Araújo²
Fernando O. Fraccaro² Sonia Cristina Juliano Gualteiri de Andrade Perez¹

RESUMO

Pterogyne nitens Tul. é conhecida popularmente como amendoim do campo, é uma espécie arbórea, heliófita, secundária inicial que se regenera intensamente em áreas abertas e pastagens. Pode ser empregada como espécie ornamental e na reposição de mata ciliar, em locais sujeitos a inundações periódicas, em sítios arenosos e degradados. O condicionamento é uma técnica pós-colheita usada com o objetivo de aumentar a velocidade de germinação, emergência, bem como ampliar a tolerância a vários tipos de estresse. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do condicionamento com ou sem secagem posterior em aumentar a resistência a diferentes tipos de estresse. As sementes selecionadas foram escarificadas com ácido sulfúrico durante 15 min. e depois condicionadas em água destilada e soluções de manitol -0,5 e -1,0 MPa durante 24h a 10°C. Para cada solução de condicionamento, o lote de sementes foi dividido em dois grupos, um dos quais foi seco até atingir o teor de umidade apresentado antes do condicionamento, e o segundo foi imediatamente usado nos testes. Os diferentes grupos de sementes foram expostos ao envelhecimento acelerado (100% U.R. sob 35 e 40°C), ao estresse térmico (24h a 60 e 70°C) e o teste de exaustão (24h submersos a 10 e 27°C). Para todos os testes foram utilizadas quatro repetições de 25 unidades e os dados de porcentagem e velocidade de germinação foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey. Com o aumento da intensidade do estresse houve diminuição na germinação e no vigor das sementes, que as diferentes formas de condicionamento não reverteram. Em geral, o condicionamento com o uso manitol a -1,0 MPa diminuiu a qualidade fisiológica das sementes e, soluções a -0,5 MPa ou água destilada aumentaram a porcentagem e/ou velocidade de germinação de sementes submetidas aos diferentes tipos de estresse.

Palavras-chave: Amendoim do campo; pré-embrição; espécie florestal.

ABSTRACT

Pterogyne nitens Tul. is a arboreal species, with highlight requirements, growing in gaps, grass land and sandy soils . It could be used in streets, to recovery degraded areas with periodical floods. Priming is a post harvest technique, used to improve germination rate, seedling field emergence and stress tolerance. The aim of this work is to contrast, under stress conditions, different ways to the priming. The seeds with 12% of moisture content were selected, scarified with sulfuric acid during 15 min. Distilled water and mannitol solutions (-0.5 MPa and -1.0 MPa) were used to seeds pre imbibition, during 24h at 10°C. A half part of the premed seeds was drying until reach the initial moisture content, and the other part is immediately used in the tests. The accelerated aging was carried out at 100% of R.U. at 35 and 40°C; thermal stress at 60 and 70°C during 24h, and in last test, the seeds were immersed in distilled water at 10 on 27°C. All the tests were conducted with fours replicates of 20 seeds and the data registered were submitted to variance analysis and Tukey test. Seed viability and vigor decreased when stress intensity increased. The priming did not reversed this effect, but in general, mannitol solutions (-1.0 MPa) decreased the seed vigor. The primed seeds in distilled water or mannitol (-0.5 MPa) present an increase in the rate and germination percentage under stress condition.

Keywords: Field pea nut; pre imbibition; wood species.

INTRODUÇÃO

Tendo como objetivo a redução do tempo necessário entre a semeadura e a emergência das plântulas, bem como o aumento da resistência das sementes aos diferentes tipos de estresse ambiental, muitas técnicas

1. Bióloga, Dr^a., Professora Titular, Departamento Botânica, Universidade Federal de São Carlos, CEP 13565-905, São Carlos (SP). dscp@power.ufscar.br

2. Doutorandos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 676, CEP 13565-905, São Carlos (SP).

têm sido propostas para realização de tratamentos pré-secagem (Suñe, 2002). Uma delas visa a obter uma germinação mais rápida e homogênea, mesmo sob estresse, que é conhecida como osmocondicionamento ou *priming*, inicialmente proposta por Heydecker *et al.* (1975).

Essa técnica consiste na imersão das sementes em uma solução osmótica sob tempo e temperatura previamente determinados. Os efeitos do osmocondicionamento, freqüentemente relatados, propiciam uma maior uniformidade e sincronização da germinação, elevado índice de emergência e desenvolvimento das plântulas, mesmo em solos com baixos teores de umidade, maior taxa de crescimento da parte aérea e maior rapidez no amadurecimento (Marcos Filho, 2005).

Assim, as sementes são submetidas a uma embebição lenta, em meio com baixo potencial hídrico, interrompendo o processo durante a fase II da curva de embebição. Existem evidências de que a embebição lenta permite a atuação de mecanismos naturais de reparo das membranas e evita os danos ocasionados por uma embebição rápida. A utilização de soluções com diferentes potenciais osmóticos regula a velocidade de hidratação das sementes e, dessa forma, consegue-se promover a ativação dos processos metabólicos das fases iniciais da germinação, mas sem alcançar a fase de emergência da radícula (Mc Donald, 2000).

A diminuição do potencial hídrico é feita com aumento da pressão osmótica da solução, com a adição de agentes osmóticos orgânicos como o polietileno glicol (PEG 6000 ou 8000), manitol, sacarose ou com agentes osmóticos inorgânicos como os sais NaCl, KNO₃, MgSO₄, entre outros (Sampaio, 1992).

Após a realização desse pré-tratamento, as sementes podem ser secas até atingir os níveis iniciais de umidade apresentados antes do pré-condicionamento, ou serem imediatamente semeadas. Assim, o condicionamento favorece o desempenho em campo das sementes sob condições adversas, ou em lotes com baixa qualidade fisiológica (Carvalho e Nakagawa, 2000).

O efeito do condicionamento depende de muitos fatores dentre eles o estado de deterioração, tempo e temperatura do tratamento, tamanho das sementes, velocidade de absorção de água (associada ao potencial mátrico e potencial osmótico do meio em que as sementes absorvem água), aplicação de elementos nutritivos, tóxicos ou estimulantes às sementes, grau de hidratação alcançado pelas sementes; secagem após o tratamento, número de ciclos de secagem/umedecimento. Os resultados positivos do condicionamento osmótico, sobretudo para culturas agrícolas, reafirmam seu grande potencial para melhorar o processo germinativo e o vigor das sementes. Porém, apesar dos estudos já realizados e, em consequência da grande diversidade da flora brasileira, ainda há poucas informações a respeito do condicionamento osmótico das sementes de espécies florestais nativas (Lars, 2000).

Com relação a essas espécies, pode-se citar os estudos de Borges *et al.* (1991) com sementes de *Cedrella fissilis* e *Dalbergia nigra*, pré-embebidas em solução de PEG, sem posterior secagem, que permitiram a germinação em potenciais em que previamente esta não ocorreu e, a pré-embebição em água também promoveu um aumento da germinação nos demais potenciais osmóticos.

Cordoba *et al.* (1995) verificaram que para obter melhoria na emergência, as sementes de *Esebeckia leiocarpa*, após o condicionamento, osmótico, devem ser utilizadas imediatamente ou armazenadas no máximo durante 15 dias a 5°C e não receber a secagem.

A embebição prévia das sementes de *Miconia condellana* em soluções de PEG 6000 aumentou a velocidade de germinação, e a resposta é dependente do tempo de condicionamento. Diminuíram esses valores quando as sementes são armazenadas tanto a 5°C quanto 20°C (Borges *et al.*, 1994).

Perez e Negreiros (2001) e Tonin *et al.* (2005) constataram que, em sementes de *Peltophorum dubium* e *Pterogyne nitens* respectivamente, a melhor temperatura para o condicionamento é a de 10°C que, por permitir uma embebição mais lenta, garantiria uma maior integridade das membranas celulares.

O condicionamento, associado às condições ideais de armazenamento, pode melhorar o aproveitamento das sementes de espécies florestais cuja produção de frutos nem sempre é regular, sendo a coleta das sementes uma missão trabalhosa e onerosa (Carpi *et al.*, 1996).

Para este estudo, foi escolhida a espécie *Pterogyne nitens* Tul. que pertence à família Fabaceae, subfamília Caesalpinoideae e recebe os nomes vulgares de amendoim bravo (BA, PR e SP), amendoim do campo (SP), amendoinzeiro (PR e SP), carne de vaca (RJ), madeira nova (Nordeste), viraró (MT) e outros

(Carvalho, 1994).

O amendoim do campo ocorre desde o Ceará até o Paraná e ainda na região Centro-Oeste do Brasil, sendo também encontrado na Argentina e no Paraguai. É comum no Centro-Oeste de São Paulo, e não ocorre ao sul e a leste do Estado. É encontrado tanto em solos de boa como de má qualidade, aparecendo freqüentemente como árvore isolada em pastagens. Como árvore ornamental tem grande potencial de uso, podendo ser empregada para reposição de mata ciliar, em locais sujeitos às inundações periódicas, de rápida duração, suportando encharcamento moderado. É uma espécie utilizada também na recuperação da vegetação de sítios arenosos e degradados (Lorenzi, 1992).

Considerando-se que o condicionamento pode aumentar o desempenho germinativo, os objetivos deste trabalho foram: complementar estudos já realizados e avaliar os efeitos de diferentes formas de condicionamento na viabilidade e vigor de sementes de *Pterogyne nitens* sob estresse.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes selecionadas de *Pterogyne nitens* Tul., provenientes do IPEF (Piracicaba, S.P) com cerca de 12% de umidade, que permaneceram armazenadas em embalagens impermeáveis, em geladeira durante a condução dos experimentos.

Condicionamento

As sementes escarificadas com ácido sulfúrico durante 15 minutos (Nassif e Perez, 2000) permaneceram em água destilada ou soluções de manitol (-0,5 e -1,0 MPa) durante 24 horas, na temperatura de 10°C. Decorrido esse período, as sementes foram submetidas ou não à secagem, em temperatura de ambiente de laboratório, até atingirem o peso inicial apresentado antes do condicionamento. Assim, as sementes sem condicionamento (controle) e as condicionadas, secas novamente ou não constituíram os diferentes grupos de sementes que foram submetidos aos tratamentos descritos a seguir. Para todos os testes foram utilizados quatro repetições de 25 sementes. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam emissão da raiz primária ≥ 2 mm e curvatura geotrópica positiva (Borghetti e Ferreira, 2004), as quais foram contadas e retiradas das placas diariamente (Brasil, 1992). O experimento foi finalizado por volta de 21 dias após sua instalação, quando todas as sementes haviam germinado ou quando as remanescentes nas placas se encontravam deterioradas.

Preparo das soluções de manitol

As soluções de manitol ($C_6H_{14}O_6$) nos potenciais (-0,5 e -1,0 MPa) foram preparadas relacionando-se a quantidade de manitol e potencial, empregando-se a equação citada por Parmar e Moore (1968):

$$g = PVM / RT$$

Em que: g = massa de manitol, em gramas; P = pressão osmótica, em atmosferas; V = volume, em litros; M = peso molecular do manitol; R = constante universal dos gases ($0,08205 \text{ atmK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$); T = Temperatura (K).

Efeito da temperatura

As sementes com ou sem condicionamento foram distribuídas em placas de Petri esterilizadas, forradas com papel de filtro umedecido com água destilada e mantidas em temperatura: ótima (27°C), subótima (15°C) e supra-ótima (35°C) (Nassif e Perez, 2000).

Teste de exaustão

Para avaliar a reserva energética das sementes, os diferentes grupos ficaram submersos em água destilada durante períodos de 24 horas, sob 10 e 27°C. Decorridos esses períodos, foi realizado o teste de germinação, sob temperatura ótima.

Teste de envelhecimento acelerado

Os grupos controle e condicionados, foram colocados em caixas tipo gerbox contendo uma tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas homogeneamente e, abaixo da qual foi adicionado 40 mL de água. Em seguida, as caixas foram mantidas em câmara de envelhecimento acelerado a 35 e 40°C e 100% de umidade relativa, durante 24 horas (Marcos Filho, 2005). Em seguida, foi realizado o teste de germinação

sob temperatura ótima.

Teste de resistência ao estresse térmico

Os grupos controle e condicionados foram submetidos a um estresse térmico nas temperaturas de 60 e 70°C durante 24 horas.

Análise estatística dos dados

Os valores de porcentagem, velocidade de germinação foram calculados conforme fórmulas citadas em Borghetti e Ferreira (2004). Foi empregado o teste de Bartlett para verificar a presença de homocedasticidade e, em seguida, realizada a análise de variância (uma ou duas entradas) e teste de Tukey-Kramer para contraste das médias com o uso do programa estatístico InSTAT (GraphPad, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os resultados conjuntamente, comparando com o grupo controle e aqueles condicionados de diferentes maneiras, observa-se, de modo geral, que as temperaturas: ótima, sub e supra-ótima não afetaram as porcentagens finais de germinação (Tabela 1), mas influenciaram significativamente a velocidade de germinação (Tabela 2). Esse fato está de acordo com o conceito de “tempo térmico”, visto que as sementes, apesar de atingirem o mesmo percentual final de germinação, diferiram em sua habilidade de acumular as unidades térmicas necessárias para a germinação em maior ou menor espaço de tempo (Bradford, 1995). De modo geral, a temperatura supra-ótima aplicada (35°C), não alterou a velocidade de germinação em relação à temperatura ótima (27°C) (Tabela 2), entretanto, quando submetidas à temperatura subótima, houve redução significativa na velocidade de germinação em relação à ótima. Existem faixas de temperaturas acima (supra) e abaixo (sub) da ótima, onde a velocidade de germinação diminui à medida que se afasta da temperatura ótima e se aproxima de uma temperatura crítica acima (supra) ou abaixo (sub) da qual não há germinação e, portanto a velocidade é zero (Bradford, 1995). É possível que a temperatura supraótima testada nesse trabalho esteja mais distante da máxima crítica e que a temperatura sub-ótima utilizada esteja mais próxima da mínima crítica.

Por outro lado, ao se analisar conjuntamente o desempenho da porcentagem e da velocidade de germinação (Tabelas 1 e 2) e as diversas formas de condicionamento sob uma mesma temperatura (linhas), observa-se que, de modo geral, o condicionamento não influenciou a porcentagem e a velocidade de germinação, exceto quando se utilizou a solução de manitol mais concentrada para a pré-embebição das sementes. Esse comportamento de *Pterogine nitens*, no qual o condicionamento não elevou a porcentagem e nem a velocidade de germinação pode ser atribuído às características inerentes à própria espécie, colocando-a como insensível ao pré-condicionamento. Apesar da maioria das espécies estudadas terem respondido positivamente ao condicionamento, existe relato de espécie insensível a esse tratamento.

Caproni *et al.* (1993) avaliaram a influência do osmocondicionamento sobre a germinação de duas espécies de *Eucalyptus* e verificaram que *Eucalyptus grandis* apresentou um aumento na porcentagem e velocidade de germinação, mas *Eucalyptus citriodora* foi indiferente ao condicionamento. Outra possibilidade para o comportamento de *Pterogine nitens*, verificado nesse estudo, é que o tempo de permanência das sementes no condicionamento (24 horas) e/ou o potencial hídrico do meio externo (-0,5 e -1,0 MPa) não tenham sido adequados para que as sementes expressassem sensibilidade ao condicionamento, conforme apontado por Khan (1992), as causas que podem afetar as respostas das sementes ao condicionamento.

As diminuições dos valores registrados para a porcentagem e velocidade de germinação nas concentrações mais elevadas de manitol podem ser em razão dos efeitos tóxicos causados pela absorção do manitol pelas sementes, uma vez que as moléculas desse composto não são tão grandes quanto ao do PEG 6000, outro agente osmótico utilizado para diminuir o potencial osmótico das soluções (Bradford, 1995).

TABELA 1: Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Pterogyne nitens*, condicionadas ou não, e germinadas em diferentes temperaturas.TABLE 1: Mean values of germination percentage of *Pterogyne nitens* seeds, primed or not, and germinated at different temperatures.

T	Condicionamento						
	C	ASS	ACS	MSS _{-0,5}	MCS _{-0,5}	MSC _{-1,0}	MCS _{-1,0}
Subótima (15°C)	80aAB		76 aACD	62 bCEF	76 aADE	84 aAD	69 aDF
Ótima (27°C)			89 aAD	90 a cA E	74 aBC	79 acBC DE	80 aBCDE
Supra-ótima (5°C)	86aA	86aA	85 aA	74 b cAC	75 aAD	60 bcBCD	64 a BCD

Em que: T = temperatura; C = controle; ASS = água sem secagem; ACS = água com secagem; MSS_{-0,5} = Manitol -0,5 MPa sem secagem; MCS_{-0,5} = Manitol -0,5 MPa com secagem; MSS_{-1,0} = Manitol -1,0 MPa sem secagem; MCS_{-1,0} = Manitol -1,0 MPa com secagem. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por mesma letra minúscula, em uma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 2: Velocidade de germinação (em dias⁻¹) de sementes de *Pterogyne nitens*, condicionadas ou não e germinadas em diferentes temperaturas.TABLE 2: Mean values of germination rate (days⁻¹) of *Pterogyne nitens* seeds submitted to different ways of priming and germinated in different temperatures.

T	Condicionamento						
	C	ASS	ACS	MSS _{-0,5}	MCS _{-0,5}	MSC _{-1,0}	MCS _{-1,0}
Subótima (15°C)	0,18 bA	0,19 bA	0,18 cA	0,17 cA	0,17 bA	0,17 bA	0,16 bA
Ótima (27°C)	0,47 aA	0,47 aA	0,45 a AC	0,45 aAC	0,42 aBC	0,41 aBC	0,41 aBC
Supra-ótima (35°C)	0,50 aA	0,50 aA	0,38 bB	0,31 bD	0,42 aBC	0,40 aBC	0,39 aBC

Em que: T = temperatura; C = controle; ASS = água sem secagem; ACS = água com secagem; MSS_{-0,5} = Manitol -0,5 MPa sem secagem; MCS_{-0,5} = Manitol -0,5 MPa com secagem; MSS_{-1,0} = Manitol -1,0 MPa sem secagem; MCS_{-1,0} = Manitol -1,0 MPa com secagem. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por mesma letra minúscula, em uma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teste de envelhecimento precoce foi realizado com o intuito de avaliar o vigor dos diferentes grupos de sementes, tendo como base o fato de que a taxa de deterioração das sementes aumenta consideravelmente pela sua exposição a condições muito adversas de temperatura e umidade relativa. Assim, as sementes mais vigorosas, geralmente retêm sua capacidade de produzir plantas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao envelhecimento precoce (Marcos Filho, 2005). Os resultados obtidos de porcentagem e velocidade de germinação das sementes com ou sem condicionamento, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado nas temperaturas de 35°C e 40°C, são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Observou-se nas sementes condicionadas com manitol a -0,5 MPa e depois secas, que estas apresentaram os maiores valores de porcentagem de germinação quando envelhecidas a 35°C, porém não apresentaram diferença significativa do tratamento controle. Os valores dos demais tratamentos foram inferiores aos do grupo controle (Tabela 3).

Quando as sementes foram submetidas ao envelhecimento precoce a 40°C, verificou-se que, em sementes condicionadas de diferentes formas, houve redução de valores de porcentagem de germinação em relação ao controle. Desse modo, apesar da germinação mais elevada ser observada no tratamento com soluções de manitol -0,5 MPa, seguidos de secagem, o condicionamento não proporcionou melhoria significativa na porcentagem de germinação de sementes do *Pterogyne nitens*. Resultados semelhantes foram observados por Wanli *et al.* (2001) para sementes de *Peltophorum dubium*.

Comparando-se os resultados obtidos nas duas temperaturas em que foram conduzidos os testes de envelhecimento, verificou-se que sob a temperatura de 40°C ocorreu redução da porcentagem de germinação das sementes para todos os tratamentos, exceto para as pré-embebidas em solução de manitol -1,0 MPa, seguidas de secagem e, para o grupo controle. Pesquisas têm procurado elucidar os mecanismos que determinam a deterioração das sementes e analisar as transformações que ocorrem durante o teste de

envelhecimento precoce. A exposição das sementes a valores elevados de temperatura e umidade elevadas provoca alterações degenerativas no metabolismo das sementes pela desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares, determinando a redução na viabilidade da semente (Carneiro & Guedes, 2002).

Evidências comprovam que os eventos que caracterizam o processo de deterioração estão normalmente associados ao aumento ou perda na atividade de um determinado grupo de enzimas, que eliminam os radicais livres produzidos durante o processo de deterioração, além de alterações em componentes de reservas como diminuição na síntese e conteúdo de proteínas, variações na disponibilidade e na estrutura de carboidratos, diminuição no conteúdo total de lipídios e aumento dos ácidos graxos livres. Há também alterações na respiração, na síntese e degradação de DNA, bem como acúmulo de produtos tóxicos (Mc Donald, 2000).

Assim, essas alterações podem ter acontecido com mais intensidade sob o envelhecimento a 40°C, uma vez que a porcentagem máxima de germinação de *Pterogyne nitens* ocorre sob temperatura de 27-30°C (Nassif e Perez, 2000).

Quanto à velocidade de germinação, maiores valores foram observados no tratamento sem pré-condicionamento nas duas temperaturas do teste de envelhecimento precoce. A velocidade de germinação foi maior no controle a 35°C que no controle a 40°C, confirmando que essa temperatura não favorece o desempenho fisiológico das sementes (Tabela 3).

TABELA 3: Porcentagem de germinação de sementes de *Pterogyne nitens*, condicionadas ou não e submetidas ao teste de envelhecimento precoce em duas temperaturas.

TABLE 3: Germination percentage of *Pterogyne nitens* seeds primed or not and exposed to accelerated aging test, at two temperatures.

Condicionamento	Germinação	
	35°C	40°C
Controle	71,00 Aa b	57,00 Aa
Água sem secagem	66,25 Aa b	41,75 Bab
Água com secagem	56,25 A b	36,00 Bab
Manitol -0,5 MPa sem secagem	56,75 Ab	44,00 Bab
Manitol -0,5 MPa com secagem	79,75 Aa	44,50 Bab
Manitol -1,0 MPa sem secagem	70,50 Aa b	32,25 Bb
Manitol -1,0 MPa com secagem	52,75 A b	44,50 Aab

Em que: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 4: Velocidade de germinação de sementes de *Pterogyne nitens*, condicionadas ou não e submetidas ao teste de envelhecimento precoce em duas temperaturas.

TABLE 4: Germination rate of *Pterogyne nitens* seeds primed or not and exposed to accelerated aging test, at two temperatures.

Condicionamento	Velocidade (dias ⁻¹)	
	35°C	40°C
Controle	0,65 Aa	0,44 Ba
Água sem secagem	0,57 Aab	0,44 Bab
Água com secagem	0,48 Ab	0,23 Bb
Manitol -0,5 MPa sem secagem	0,54 Aab	0,30 Bb
Manitol -0,5 MPa com secagem	0,50 Aa	0,21 Bb
Manitol -1,0 MPa sem secagem	0,46 Ab	0,28 Bb
Manitol -1,0 MPa com secagem	0,48 Ab	0,23 Bb

Em que: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ainda avaliando a resposta das sementes submetidas ou não ao condicionamento, foi realizado o teste de exaustão, nas temperaturas de 15°C e 27°C. Nas Tabelas 5 e 6, pode-se observar que não ocorreu diferença significativa entre as duas temperaturas testadas para os parâmetros porcentagem e velocidade de

germinação, em nenhum dos tipos de condicionamento. A maioria dos tratamentos não conseguiu reverter os efeitos deletérios da diminuição da disponibilidade de oxigênio sobre o metabolismo da semente e, conseqüentemente, sobre a porcentagem de germinação, à exceção do tratamento com manitol (-1,0 MPa), com secagem, o qual proporcionou germinação superior ao do grupo controle (Tabela 5). Com relação à velocidade de germinação, o condicionamento em água seguido de secagem conseguiu anular o efeito da exposição a baixas temperaturas, enquanto que o condicionamento com manitol a -1,0 MPa, sem secagem acentuou o efeito deletério da hipóxia, visto ter reduzido a velocidade de germinação em relação ao grupo controle (Tabela 6).

TABELA 5: Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Pterogyne nitens*, condicionadas ou não e submetidas ao teste de exaustão em duas temperaturas.

TABLE 5: Mean values of germination percentage of *Pterogyne nitens* seeds primed or not and exposed to exhaustion test, at two temperatures.

Condicionamento	Germinação	
	10 °C	27 °C
Controle	41 Abc	40 Abc
Água sem secagem	39 Ac	33 Ac
Água com secagem	40 Aab	52 Aab
Manitol -0,5 MPa sem secagem	47 Abc	43 Abc
Manitol -0,5MPa com secagem	48 Aab	47 Aab
Manitol -1,0MPa sem secagem	45 Aabc	41 Aabc
Manitol -1,0MPa com secagem	51 Aa	48 Aa

Em que: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com Khan (1992), é possível explicar esses resultados, assumindo-se que as sementes que mantiveram sua viabilidade e vigor, sob hipóxia dispunham de um maior conteúdo de reservas armazenadas, membranas melhor estruturadas e energia suficiente para suportar um tempo maior sob estresse. A submersão durante 12 horas não provocou redução na viabilidade e nem no vigor de sementes de canafístula, em relação ao grupo controle. Porém, a partir de 24 horas houve redução nos valores de porcentagem e velocidade das sementes condicionadas com PEG 6000, mas não nas condicionadas com água (Wanli *et al.*, 2001).

A ativação de mecanismos de reparo durante o osmocondicionamento demanda consumo de energia, e se o suprimento de oxigênio é insuficiente para respiração aeróbica, é estimulada a fermentação do piruvato para lactato, que diminui o pH da membrana celular. Com essa redução, a fermentação para etanol é ativada e contribui para desestruturação do sistema de membranas (Siriwitayawan *et al.*, 2002).

TABELA 6: Velocidade de germinação de sementes de *Pterogyne nitens* condicionadas ou não e submetidas ao teste de exaustão em duas temperaturas.

TABLE 6: Germination rate of *Pterogyne nitens* seeds primed or not and exposed to exhaustion test, at two temperatures.

Condicionamento	Velocidade (dia ⁻¹)	
	15 °C	27 °C
Controle	0,57 Ab	0,54 Ab
Água sem secagem	0,45 Ab	0,47 Ab
Água com secagem	0,66 Aa	0,70 Aa
Manitol -0,5 Mpa sem secagem	0,44 Abc	0,39 Abc
Manitol -0,5Mpa com secagem	0,48 Ab	0,65 Ab
Manitol -1,0Mpa sem secagem	0,37 Ac	0,32 Ac
Manitol -1,0Mpa com secagem	0,58 Ab	0,56 Ab

Em que: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foi avaliado também o efeito do condicionamento sobre a resistência das sementes de *Pterogyne nitens*, quando estas foram submetidas às temperaturas de 60 e 70 °C durante 24 horas. Analisando-se a

Tabela 7, verificou-se que, para a temperatura de 70°C, não ocorreu germinação de sementes, concluindo-se que as sementes não suportam temperaturas elevadas, diferentemente do que ocorre com sementes de *Stryphnodendron polyphyllum* que germinam depois de permanecerem expostas à temperatura de 70°C durante 48 horas (Tambellini e Perez, 1999), bem como sementes de *Qualea dichotoma* que apresentam tolerância a altas temperaturas, visto que a percentagem e velocidade de germinação não foram alteradas significativamente quando submetidas a 60 e 70 °C por períodos de 24, 48 e 72 horas (Barbieri Júnior *et al.*, 2003).

O estresse induzido por altas temperaturas pode levar à perda de habilidade de germinar em temperatura ótima, e as proteínas desempenham um papel fundamental na modulação da resposta à temperatura, uma vez que altas temperaturas inativam enzimas, alteram a conformação dos pepitídeos ou pela desestruturação de complexos protéicos na membrana celular (Taiz e Zeiger, 2004).

As sementes expostas à temperatura de 60°C, nas mesmas condições, apresentaram maiores valores de germinação no tratamento com manitol a -0,5 MPa, seguido de secagem e os maiores valores de velocidade de germinação foram observados em sementes condicionadas em água, com secagem posterior.

TABELA 7: Porcentagem e velocidade de germinação de sementes de *Pterogyne nitens* condicionadas ou não e submetidas a diferentes temperaturas.

TABLE 7: Germination percentage and rate of *Pterogyne nitens* seeds primed or not and exposed to different temperatures.

Condicionamento	Germinação		Velocidade (dias ⁻¹)	
	60°C	70°C	60°C	70°C
Controle	63,00 B	0	0,49 B	0
Água sem secagem	0,00 C	0	0,00 C	0
Água com secagem	66,00 B	0	0,63 A	0
Manitol -0,5 MPa sem secagem	0,00 C	0	0,00 C	0
Manitol -0,5MPa com secagem	81,00 A	0	0,53 AB	0
Manitol -1,0MPa sem secagem	0,00 C	0	0,00 C	0
Manitol -1,0MPa com secagem	65,00 B	0	0,47 B	0

Em que: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma linha ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÃO

Houve diminuição da germinação e do vigor das sementes à medida que se aumentou à intensidade dos diferentes tipos de estresses e os diversos tratamentos de condicionamento não reverteram tal efeito.

Em alguns casos, o condicionamento realizado com solução de manitol -0,5 MPa ou água destilada aumentou o vigor das sementes, mas não foi possível estabelecer uma modelo de resposta para todos os tratamentos.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de doutoramento concedida a R.P. Biruel; ao CNPq, pela bolsa de Produtividade concedida a S. C. J. G. de A. Perez.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI JÚNIOR, C. A.; TONIN, G. A.; ARAÚJO, E.C.E.; PERES, S. C. J. G. A. Limites de temperatura e tolerância ao estresse térmico em sementes de *Qualea dichotoma* (Warm.) Stapf. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 5 (suplemento), p.303, 2003. (Resumo).

BORGES, E.E.L.; SILVA, L. F.; BORGES, R.C.G. Avaliação do omocondicionamento na germinação de sementes de quaresminha (*Miconia condolleana* Triana). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n.1, p.90-94, 1994.

BORGES, E.E.L.; VASONCELOS, P.C.S.; CARVALHO, D.V.; BORGES, R.C.G. Estudos preliminares sobre o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de jacarandá-da bahia (*Dalbergia nigra*) e cedro-rosa (*Cedrella fissilis*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.13, n.2, p. 115-118, 1991.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, AG. Interpretação dos resultados de germinação: In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F.; **Germinação de sementes: do básico ao aplicado**. Porto Alegre : Artmed. 2004. p.209–224.

- BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.) **Seed development and germination**. New York : Marcel Dekker, 1995. p.351-396.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CARNEIRO, J.W.P.; GUEDES, T.A. Dinâmica de ocorrência germinativa em amostras de semente envelhecidas artificialmente: envelhecimento e sobrevivência. **Informativo ABRATES**, v.12, p.44-51, 2002.
- CARPI, S.M.F.; BARBEDO, C.J.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.271-275, 1996.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas Florestais, Embrapa Colombo - CNPF, 1994. 640p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CAPRONI, A.L.; VIEIRA, J.D.; DAVIDE, A.C. Germinação de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maden e *Eucalyptus citiroidora* Hook., em dois tamanhos, submetidos a diferentes potenciais osmóticos. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 289-291.
- CÓRBODA, G.A.T.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento, secagem e armazenamento de sementes de *Esenbeckia leiocarpa* England (gaurantã). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.2, p.217-226, 1995.
- GRAPHPAD SOFTWARE INSTANT. Guide to choosing and interpreting statistical test. Versão 3.0 for Window, San Diego, 1998. 151p.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, I.J. Invigoration of seeds? **Seed Science & Technology**, Zürich, v.3, p.881-888, 1975.
- KHAN, A A; Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, Edinburgh. v.23, p.131-181, 1992.
- LARS, S. Guide to handling of tropical and subtropical forest seeds. Denmark: Borch Tryc A/S, 2000. 512p.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352p.
- MCDONALD, M.B. Seed priming. In: BLACK, M.; BEWLEY, J.D. **Seed technology and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2000. p.287-325.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-149.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.
- NASSIF, S.M.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n.1, p. 1-6, 2000.
- PARMAR, M.T.; MOORE, R.P. Carbamax 6.000, mannitol and sodium chloride for simulating drought conditions in germination of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. **Agronomy Journal**, Madison, v.30, p.192-195, 1968.
- PEREZ, S.C.J.G.A.; NEGREIROS, G. F. Efeito do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de Canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng. Taub.) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n. 01, p.175-183, 2001.
- SAMPAIO, T.M.G. **Pre-acondicionamiento osmotico y recubrimiento de semillas de pimiento (*Capsicum annum* L.)**, 1992. 266p. Tesis (Doctoral). Madrid: Universidade Politécnica de Madrid.
- SIRIWITAYAYAWAN, G.; DUTT, M.; KESTER, S.DOWIE, B.; GENEVE, R. Aging in tomato reduces the capacity of seeds to produce ethylene evolution during germination. In: NICOLÁS, G.; BRADFORD, K.J ; CÔME, D.; PRITCHARD, H.W.; **The biology of seeds: recent researches advances**. London, CABI Publishing, 2002. 462p.
- SUÑE, A.D.; FRANKE, L.B.; SAMPAIO, T.G. Efeitos do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n1, p.18-23, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TAMBELINI, M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Physiological effects of temperature and thermal stress on the seed germination of *Stryphnodendron polyphyllum*. **Jornal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v.11, n.4, p. 680-689, 1999.

TONIN, G.A.; GATTI, A.B.CARELLI, B.P.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.35-43, 2005.

WANLI, Z.; LEIHONG, L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Pré-condicionamento e seus efeitos em sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p. 146-153, 2001.