

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Piptadenia  
moniliformis* Benth.**

**Gilvaneide Alves de Azerêdo**  
Engenheira Agrônoma

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL**

**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Piptadenia  
moniliformis* Benth.**

**Gilvaneide Alves de Azerêdo**

**Orientador: Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri**

**Co-orientador: Prof. Dr. Rinaldo César de Paula**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

**JABOTICABAL – SP  
Julho de 2009**

A993q Azerêdo, Gilvaneide Alves de  
Qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis*  
Benth. / Gilvaneide Alves de Azerêdo. -- Jaboticabal, 2009  
xi, 121 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009

Orientador: Sérgio Valiengo Valeri

Banca examinadora: Rinaldo Cesar de Paula, Sérgio Roberto  
Garcia dos Santos, Sonia Cristina Juliano Gualtieri de Andrade Perez,  
Ivor Bergemann de Aguiar, Fabíola Vitti Moro

Bibliografia

1. Sementes florestais. 2. Dormência. 3. Vigor. 4. Caatinga. 5.  
Estresse hídrico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.0.2:631:531

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço  
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**GILVANEIDE ALVES DE AZERÊDO** - nasceu na cidade de Pilõezinhos, Paraíba. Em 1991, ingressou na Universidade Federal da Paraíba – Areia/UFPB – no Curso de Agronomia, graduando-se como Engenheira Agrônoma em 1996, e em março de 1998, iniciou o curso de mestrado em Agronomia em Produção Vegetal (Produção e Tecnologia de Sementes), no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, concluindo o curso no ano de 2000. Em 2003, vinculou-se a Universidade Federal do Tocantins, Campus de Araguaína/TO, como Professora Assistente. Em 2006, ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), iniciando o curso de doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal.

“Viver é desenhar sem borracha”

A mamãe e ao meu filho Aiury, por serem especiais!

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela sua grandeza e bondade.

Ao professor Dr. Rinaldo Cesar de Paula, pela orientação brilhante, pela confiança que depositou em mim e amizade.

Ao Professor Dr. Sérgio Valiengo Valeri, pela compreensão e amizade.

A Universidade Federal do Tocantins, por tornar possível a realização deste trabalho.

À banca examinadora, composta pelos membros Dr. Sérgio Roberto Garcia dos Santos, Profa. Dra. Sonia Cristina Juliano Gualtieri de Andrade Perez, Prof. Dr. Ivor Bergemann de Aguiar e Profa. Dra. Fabíola Vitti Moro pelas sugestões que aprimoraram este trabalho.

Ao professor Dr. José Carlos Barbosa, pela auxílio na elaboração dos gráficos.

A minha família, constituída por mamãe e doze irmãos queridos.

Ao meu pai (in memoriam).

A Hélia, pelo cuidado e amor com Aiury ao longo destes anos.

A Engenheira Florestal Balbina Maria de Jesus e a sua irmã (Terrinha), pelo fornecimento das sementes, amizade e incentivo.

A Nádia (secretária), Vagner e Gabi, pelo carinho.

A Nádia Figueiredo, pelas palavras de carinho e força.

A Marileide, Gleibson e Elza pela acolhida em Jaboticabal e apoio na minha chegada.

A Joseane, Janaína e Eliane, pela acolhida em Jaboticabal no meu retorno.

Aos amigos Magnólia, Jean, Silvelena, Edilma, Adriana, Teresa, Paulo, João, José Luis, Karla, Coquinha, Elias, Luciana, Elza e Renata pela convivência e amizade.

A Jandira e Juracy, pelo acolhimento e amizade nas minhas estadias em Araguaína.

Aos professores e amigos da Universidade Federal do Tocantins: Tânia, Clementino, Elda, Heloísa, Susana, Elcivan, Jorge, Jacira e Fátima pelo companheirismo ao longo dos anos.

A todos que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
1. Introdução .....	1
2. Revisão de Literatura.....	2
2.1. <i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.....	2
2.2. Dormência e tratamentos pré-germinativos .....	4
2.3. Substrato e temperatura na germinação de sementes.....	5
2.4. Qualidade física e fisiológica de sementes .....	7
3. Referências .....	12
 CAPITULO 2 – SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE <i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.....	 23
Resumo.....	23
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	26
Resultados e Discussão.....	28
Conclusão.....	36
Referências .....	36
 CAPITULO 3 – TEMPERATURA E SUBSTRATO PARA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.....	 42
Resumo.....	42
Introdução.....	42
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	46
Conclusão.....	53
Referências.....	53

CAPITULO 4 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE <i>Piptadenia moniliformis</i> Benth. PELO TESTE DE TETRAZÓLIO.....	57
Resumo.....	57
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	60
Resultados e Discussão.....	62
Conclusão.....	72
Referências.....	73
CAPITULO 5 – ENVELHECIMENTO ACELERADO EM SEMENTES DE <i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.....	76
Resumo.....	76
Introdução.....	76
Material e Métodos.....	78
Resultados e Discussão.....	81
Conclusão.....	97
Referências .....	97
CAPITULO 6 – GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Piptadenia moniliformis</i> Benth. SOB ESTRESSE HÍDRICO.....	102
Resumo.....	102
Introdução.....	102
Material e Métodos.....	104
Resultados e Discussão.....	106
Conclusões.....	118
Referências .....	119

## QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Piptadenia moniliformis* Benth.

**RESUMO** – O presente trabalho objetivou estudar aspectos relativos ao processo germinativo e à qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (angico-de-bezerro). Foram conduzidos cinco experimentos: experimento 1 - visou a superação da dormência das sementes pela aplicação de diferentes tratamentos pré-germinativos: imersão em água a 70 °C, 80 °C, 90 °C e em água fervente durante 1, 2, 3, 4 e 5 minutos e imersão em ácido sulfúrico durante 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos e o controle; experimento 2 – visou determinar a temperatura e substrato adequados para a germinação, avaliando-se três temperaturas (25 °C, 20-30 °C e 20-35 °C) e sete substratos (entre e sobre areia, entre e sobre papel, entre e sobre vermiculita, e o rolo de papel); experimento 3 – objetivou determinar a viabilidade de quatro lotes de sementes pelo teste de tetrazólio, submetendo-se as sementes após embebição entre papel toalha durante 24 h a 25 °C e posterior retirada do tegumento, às concentrações de 0,05%, 0,075% e 0,1% do sal 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazólio, por duas, três e quatro horas de coloração, a 35 °C; experimento 4 – visou a avaliação da qualidade fisiológica de 10 sub-lotes de sementes classificados quanto à coloração (clara e escura) e ao tamanho (sementes retidas em peneiras 11, 12, 13, 14 e 15), pelo teste de envelhecimento acelerado (EA) conduzido a 45 °C, durante 0, 24, 48, 72, 96 e 120 h; e experimento 5 – avaliou-se a germinação de três lotes de sementes submetidos a diferentes potenciais hídricos (0, -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 e -1,5 MPa) simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), sob as temperaturas de 25 e 30 °C. Em todos os ensaios, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento e as leituras foram efetuadas diariamente durante um período de 21 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância, em delineamento inteiramente casualizado, e quando pertinente em esquema fatorial, seguido de teste de médias ou análise de regressão, conforme o experimento. Pelos resultados obtidos pode-se concluir que: a) a imersão em ácido sulfúrico durante 20, 25 ou 30 minutos é eficiente na superação da dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.; b) a temperatura de 25 °C associada aos substratos entre papel, entre areia e entre vermiculita é adequada para a

condução do teste de germinação; c) o teste de tetrazólio conduzido com sementes embebidas durante 24 h a 25°C entre papel toalha, seguido de retirada do tegumento e desenvolvimento de coloração por quatro horas em solução com concentração de 0,075% sob a temperatura de 35°C é adequado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes; d) o teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45°C durante 72 h é adequado para avaliar a qualidade de sementes de *P. moniliformis* Benth., independentemente da coloração e/ou tamanho das sementes e e) o processo germinativo de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. é comprometido a partir de potenciais hídricos inferiores a -0,6 MPa em PEG 6000 nas temperaturas de 25 e 30 °C.

**Palavras-Chave:** sementes florestais, caatinga, dormência, vigor, estresse hídrico.

## PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Piptadenia moniliformis* Benth. SEEDS.

**SUMMARY** - This study aimed to evaluate aspects concerning to germination process and physiological quality of *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds. Five experiments were carried out: experiment 1 - aimed to overcome the dormancy of seeds by application of different pre-germinative treatments: immersion in water at 70°C, 80°C, 90°C and in boiling water during 1, 2, 3, 4 and 5 minutes and in sulfuric acid during 1, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes and the control; experiment 2 - aimed to determine the substrate and temperature suitable for the germination tests: three temperatures (25°C, 20-30°C and 20-35°C) and seven substrates (among sand, on sand, among paper, on paper, among vermiculite, on vermiculite and the rolled paper); experiment 3 - aimed to determine the viability of four seed lots by the tetrazolium test: the seeds were soaked in paper towels during 24 hours at 25°C with subsequent removal of seed coat submitted to color at concentrations of 0.05%, 0.075% and 0.1% of salt 2, 3, 5 triphenyl chloride terazolium during 2, 3 and 4 hours at 35 ° C; experiment 4 – it was evaluate the physiological quality of 10 seeds lots classified according to color (light and dark) and size (seeds retained in sieves 11, 12, 13, 14 and 15), by the accelerated aging test (EA) conducted at 45°C during 0, 24, 48, 72, 96 and 120 hours; and experiment 5 – whose purpose was to evaluate the germination of three lots of seeds under different water potentials (0, -0.3, -0.6, -0.9, -1.2 and -1.5 MPa) simulated with polyethylene glycol (PEG 6000) in two temperatures (25 and 30°C). In all tests, four replicates of 25 seeds were used for each treatment and the germination tests were carried out during a period of 21 days. The data were submitted to variance in completely randomized design, and when appropriate in a factorial scheme, followed by test of means or the regression analysis, according to the experiment. Considering the results, it was conclude that: a) sulfuric acid during 20, 25 or 30 minutes is efficient to break the seed dormancy of *Piptadenia moniliformis* Benth.; b) the temperature of 25°C associated with substrates among paper, among sand and among vermiculite are adequate for the germination test, c) the tetrazolium test conducted with seeds soaked for 24 hours at 25°C among paper towels, followed by removal of seed coat and development of color in four hours in

solution at 0.075% at 35°C is appropriate to evaluate the physiological quality of seeds, d) The EA test could be conducted at 45°C during 72h and e) the germination process of seeds of *Piptadenia moniliformis* Benth is jeopardized at lower water potentials than -0.6 MPa in PEG 6000 at temperatures of 25 and 30 °C.

**Keywords:** forest seeds, caatinga, dormancy, vigor, water stress.

## CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. Introdução

O uso de espécies arbóreas nativas para programas de restauração ambiental ou, ainda, de arborização urbana, vem se intensificando nos últimos anos. Porém, o desconhecimento das características silviculturais dessas espécies impede que as mesmas sejam usadas mais intensivamente nesses programas. Essas características estão relacionadas desde as condições apropriadas para que as sementes germinem (ABREU, 2002), à definição de espaçamento, exigências nutricionais e tratos silviculturais adequados para cada espécie, apesar do aumento considerável de estudos desenvolvidos nas últimas décadas.

Apesar do incremento nas pesquisas, o conhecimento atual sobre as espécies arbóreas nativas ainda são escassos para assegurar o sucesso de repovoamentos, o que se deve ao desconhecimento das exigências ecofisiológicas para o seu estabelecimento e perpetuação (RÊGO & POSSAMAI, 2003).

Para a maioria das espécies lenhosas, a semente é o principal meio de perpetuação. Por essa razão, o conhecimento sobre o seu comportamento fisiológico torna-se relevante para trabalhos silviculturais.

Um dos fatores de limitação do uso de espécies nativas para as diversas finalidades é a falta de sementes com boa qualidade genética, sendo necessário estabelecer estratégias empregando maior conhecimento ecofisiológico e genético na produção de sementes para garantir o atendimento à demanda crescente por sementes de qualidade superior (SILVA & HIGA, 2006). Além disso, o risco de erosão genética pela coleta de sementes em fragmentos florestais pequenos e homogêneos, com pouco critério de seleção de árvores matrizes, conhecimento técnico, manejo e conservação de sementes e produção de mudas, também é preocupante (HIRANO, 2004).

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivos, avaliar, para sementes de angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis* Benth.):

- a eficiência de tratamentos pré-germinativos para superar a dormência por impermeabilidade do tegumento à água;
- os efeitos da temperatura e substrato na germinação;
- adequar a metodologia do teste de tetrazólio para a avaliação da viabilidade;
- determinar o tempo de exposição das sementes a 45 °C, para a condução do teste de envelhecimento acelerado;
- obter informações sobre os limites máximos de tolerância das sementes ao estresse hídrico, com o uso de polietileno glicol.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. *Piptadenia moniliformis* Benth.

Dotada de copa arredondada, pertencente à família Leguminosae, sub-família Mimosoideae, e conhecida pelos nomes populares de angico-de-bezerro, rama-de-bezerro, catanduva, catanduba, jurema-preta, muquem, surucucu (BA), quipembé (PE) e carrasco (PA), *Piptadenia moniliformis* Benth. é uma espécie arbórea sem espinhos, que normalmente atinge altura entre 4 e 10 m. Esta espécie possui tronco tortuoso, com casca fina e um pouco rugosa. Suas folhas são compostas e bipinadas; as flores são dispostas em espigas cilíndricas; o seu fruto é uma vagem plana, deiscente, atingindo até 13 cm de comprimento, de cor marrom ou branca que se abre por apenas um dos lados e expõe as sementes ovais (ANDRADE-LIMA, 1989; MAIA, 2004) (Figura 1).

Dentre os caracteres morfológicos utilizados para a identificação do gênero *Piptadenia*, o “legume” e a semente com pleurograma são os mais importantes (LIMA & LIMA, 1984) (Figuras 2A e 2B). Em relação à coloração do tegumento, o castanho claro é provavelmente a cor mais freqüente (DUCKE, 1969). SOUZA & LIMA (1982) caracterizaram as sementes de angico-de-bezerro como de forma ovóide, com comprimento de  $1,82 \pm 0,53$  mm, largura de  $5,05 \pm 0,40$  mm e espessura de  $1,82 \pm 0,36$  mm; superfície lisa e lustrosa; cor cinza nas bordas, tendendo a branco, sendo a parte

central, da mesma coloração das bordas; peso de mil sementes com 37,6 g e germinação com dormência.

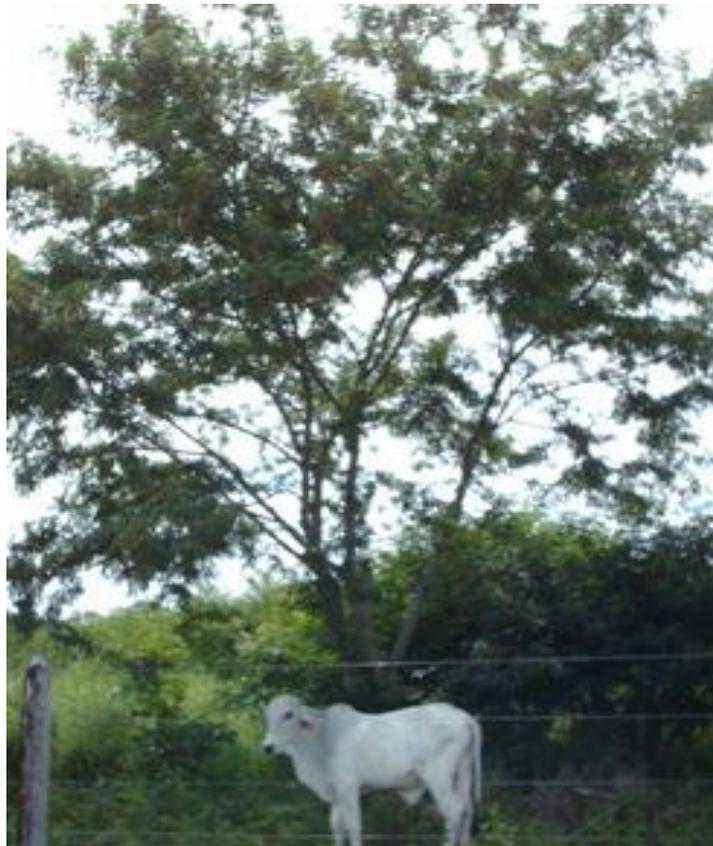


Figura 1. Árvore de *Piptadenia moniliformis* Benth.



Figura 2. Fruto (A) e sementes (B) de *Piptadenia moniliformis* Benth.

O angico-de-bezerro é considerado ainda de alto valor apícola, indicado para recuperação de solos, combate a erosão e para a primeira fase de restauração florestal, ajudando no crescimento de outras espécies, inclusive de madeiras nobres. Ao mesmo tempo, fornece madeira, lenha, carvão e forragem (LORENZI, 2002; MAIA, 2004).

## **2.2. Dormência e tratamentos pré-germinativos**

O conhecimento das condições adequadas para a germinação de sementes de uma espécie é de fundamental importância, principalmente, pelas respostas diferenciadas que ela pode apresentar devido a diversos fatores como dormência, condições ambientais (água, luz, temperatura e  $O_2$ ) e ocorrência de agentes patogênicos associados ao tipo de substrato para a germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Existem sementes que mesmo viáveis não germinam, embora as condições de água, gases ( $O_2$ ) e temperatura estejam aparentemente adequadas. Essas sementes são denominadas dormentes e precisam receber tratamento especial para germinar. Embora se reconheçam algumas de suas causas, ainda não há uma definição precisa do que seja dormência em sementes, tendo em vista o pouco conhecimento a respeito dos mecanismos envolvidos. Além disso, as discussões sobre o tema baseiam-se principalmente em pesquisas realizadas com sementes de espécies de regiões temperadas, na maioria, plantas de interesse econômico (CARDOSO, 2004).

De acordo com MEDEIROS FILHO et al. (2002), um dos tipos mais comuns de dormência deve-se à presença de um tegumento duro, impermeável à água e aos gases. Essa impermeabilidade, além de impedir a embebição pela água, restringe, também, o suprimento adequado de oxigênio para as atividades respiratórias no embrião que fornecem energia para os processos metabólicos de germinação.

Existem vários tratamentos que podem ser usados com êxito para romper o tegumento e superar esse tipo de dormência, como: escarificação mecânica por

abrasão (ALVES et al., 2000; BRUNO et al., 2001; MALAVASI & MALAVASI, 2004; ALVES et al., 2006; LOPES et al., 2006; SILVA et al., 2007b; SOUZA FILHO et al., 2007); despolimento (ALVES et al., 2004), escarificação química com  $H_2SO_4$  (ALVES et al., 2000; BORGES et al., 2004; ALVES et al., 2006; MARTINS & NAKAGAWA, 2008; ALVES et al. 2009); e embebição em água quente (OLIVEIRA et al., 2003; SMIRDELE et al., 2005; BECHARA et al., 2007). A eficiência e o tempo de aplicação dos tratamentos dependem da espécie (BRASIL, 1992) e das características intrínsecas de cada lote de sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; BORGES et al., 2004).

Existem, entretanto, outras causas que levam uma semente a não germinar como, por exemplo, a dormência fisiológica causada por presença de inibidores, embrião rudimentar, embrião dormente. Para cada uma destas causas, existem os métodos de superação de dormência, a exemplo da estratificação a frio e/ou quente ou a combinação entre ambos (FOWLER & BIANCHETTI, 2000). Em sementes de *Zeyheria montana* Mart., os resultados demonstram que a dormência em sementes dessa espécie é complexa, sendo causada por interferência no alongamento embrionário e possível presença de inibidores (DOUSSEAU et al., 2007).

### **2.3. Substrato e temperatura na germinação de sementes**

O substrato e a temperatura são dois importantes fatores que afetam o comportamento germinativo das sementes durante o teste de germinação. O substrato constitui o meio no qual a semente é colocada para germinar e tem a função de dar sustentação às sementes, mantendo as condições adequadas para a germinação e o desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993).

As condições que as sementes encontram no solo nem sempre são adequadas para sua germinação. Fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos podem variar de um substrato para outro, interferindo no processo de germinação (BARBOSA & BARBOSA, 1985).

Em função do tamanho e exigências ecofisiológicas das sementes quanto à umidade e luz, cada substrato é utilizado de maneira que ofereça maior praticidade nas contagens e avaliação de plântulas, mantendo a capacidade de suprir as condições ideais no decorrer do teste de germinação (POPINIGIS, 1985).

Em viveiros de produção de mudas de espécies florestais, são usados substratos de várias naturezas como solo mineral, esterco de galinha, casca de cereais, compostos de cascas de árvores, areia ou vermiculita, de acordo com a disponibilidade na região. Em laboratório, normalmente são utilizados papel de filtro, rolo de papel “germitest” (BACKES, 1992), areia e vermiculita (FIGLIOLIA et al., 1993).

Com relação à temperatura, as sementes apresentam capacidade germinativa em limites bem definidos, característicos para cada espécie (BEWLEY & BLACK, 1994). É de interesse ecofisiológico a determinação das temperaturas mínima, ótima e máxima para o desenvolvimento do processo germinativo. A temperatura ótima propicia máxima percentagem de germinação em menor espaço de tempo, enquanto que temperaturas máxima e mínima são pontos em que acima e abaixo dos mesmos as sementes não germinam (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

As temperaturas altas aumentam a velocidade de germinação, mas somente as sementes vigorosas conseguem germinar, determinando, assim, uma redução na percentagem de germinação. Por outro lado, as temperaturas mínimas alteram a uniformidade de emergência, talvez devido ao aumento do tempo de exposição das sementes ao ataque de patógenos (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). De acordo com BORGES & RENA (1993), temperaturas entre 20 e 30 °C, têm-se mostrado adequadas para a maioria das sementes de espécies tropicais e sub-tropicais.

As condições mais adequadas para o teste de germinação de sementes de *Dalbergia nigra* Fr. Allem. foram verificadas nas temperaturas de 25°C e 20–30°C, nos substratos sobre vermiculita e rolo de papel (ANDRADE et al., 2006). Em sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart., a porcentagem de germinação não foi influenciada pelo substrato, mas sim, pela temperatura; com base no tempo médio, a germinação foi acelerada no substrato areia sob temperatura de 30°C (LIMA et al., 2006). MELO & BARBEDO (2007) concluíram que a temperatura de 25°C e o substrato rolo de papel

foram as condições mais adequadas para a condução do teste de germinação de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. Para sementes de *Acacia polyphylla* DC. o teste de germinação pode ser conduzido a 25 ou 20-30°C; e a 25 ou 30°C para sementes de *Aspidosperma ramiflorum* Müll. Arg. (SILVA et al., 2007a).

Como pode-se verificar, as sementes, em geral, apresentam desempenho variável quanto à germinação em diferentes temperaturas e substratos (MONDO et al., 2008).

#### **2.4. Qualidade física e fisiológica de sementes**

A qualidade de sementes pode ser definida como um conjunto de características de natureza genética, sanitária, física e fisiológica que determinam seu valor para a semeadura. Esses quatro componentes básicos de qualidade apresentam importância equivalente, mas o potencial fisiológico geralmente desperta atenção especial da pesquisa (MARCOS FILHO, 2005).

Em relação à qualidade genética, os testes devem considerar que a semente é o produto de uma população e que, portanto, deve-se incluir a variabilidade existente dentro e entre populações (BRADFORD & COHN, 1998 citados por PIÑA-RODRIGUES et al., 2004). A qualidade sanitária está relacionada com a disseminação de doenças e pragas via sementes (AGUIAR et al., 2001).

A qualidade física está associada com modificações visíveis de estrutura ou na aparência da semente e envolve variações morfológicas como tamanho, massa e coloração (McDONALD JR, 1975 citado por FOSSATI, 2007). Vários autores tentaram estabelecer correlações entre aspectos morfológicos de frutos/sementes com a maturação e o vigor de sementes (AGUIAR & BARCIELA, 1986; CALIL et al., 2005; GUIMARÃES & BARBOSA, 2007; SOUZA JUNIOR et al., 2007; LOPES et al., 2008). Na prática, os aspectos externos do fruto ou da semente são os melhores indicadores da época de colheita, destacando-se entre os vários indicadores de maturação, a coloração (AGUIAR & BARCIELA, 1986; AGUIAR et al., 2007; GUIMARÃES &

BARBOSA, 2007) o tamanho (LEONHARDT et al., 2001; LOPES et al., 2005;) e a presença de fendas nos frutos (AGUIAR et al., 1988; GEMANAQUE et al., 2002).

As sementes se diferenciam quanto à coloração do tegumento, e esta heteromorfia, observada em gêneros da família Euphorbiaceae, entre outros, está associada à qualidade fisiológica. Neste aspecto, sementes de *Phyllanthus amarus* Schumacher & Thonn apresentam, de acordo com a coloração do tegumento, porcentagens de germinação diferentes (UNANDER et al., 1995 citados por SANTOS & AGUIAR, 2005); em *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs, sementes estriadas (escuras com estrias cinza-claras) proporcionam maior porcentagem de germinação, comparativamente às de coloração marrom-clara (SANTOS & AGUIAR, 2005). Em *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, foram observadas sementes com três colorações (marrom, mesclada e verde), sendo que as plântulas oriundas de sementes de coloração marrom apresentaram menor porcentagem de germinação, porém, emitiram maior número de folhas (YUYAMA & SILVA FILHO, 2003).

Segundo RAMOS et al. (2003), as sementes de *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze apresentam várias tonalidades de cor (marrom-clara, marrom-escura ou quase totalmente preta), porém, quando colhidas mais maduras ou com maior tempo de armazenamento, têm coloração mais escura.

ROSSETTO & NAKAGAWA (2000), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L.) após 24 e 30 meses de armazenamento, verificaram que aquelas de coloração preta apresentaram baixíssima germinação e as de coloração marrom não germinaram.

Sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. classificadas visualmente em diferentes tamanhos e colorações foram avaliadas quanto à dessecação e os autores observaram diferenças no comportamento de cada uma delas nas características teor de água, matéria seca, plântulas normais e porcentagem de germinação (BARBEDO et al., 2002).

A influência do tamanho sobre o comportamento germinativo e o vigor das sementes tem sido avaliada, principalmente, em espécies cultivadas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000) e em menor proporção em espécies florestais. BARBOSA &

NOGUEIRA (1999), estudando classes de tamanho na germinação e vigor de sementes de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze, observaram que entre as sementes pequena, média e grande, houve diferenças na porcentagem e na velocidade de germinação, em que as sementes pequenas apresentaram-se mais vigorosas.

LEDO et al. (2002) não encontraram diferenças significativas para a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação entre os diferentes tamanhos (grande e médio) de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth); no entanto, as sementes de tamanho pequeno, apresentaram os menores valores. LOUREIRO et al. (2004) não encontraram influência do tamanho da semente na porcentagem de germinação de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr.). Sementes maiores de mucuna (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy) Merr.), retidas em peneiras de crivo circular, apresentaram menor porcentagem de sementes duras durante a maturação (NAKAGAWA et al., 2007). LIMA et al. (2007) encontraram maior porcentagem de germinação e o menor tempo médio de germinação em sementes de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. a 30°C, independentemente do tamanho da semente (grande ou pequena).

Em sementes de bacuripari (*Rheedia gardneriana* Planch. et Triana), OLIVEIRA et al. (2006a) observaram que os menores valores, tanto de porcentagem como de velocidade de emergência como de IVE foram obtidos para as sementes de tamanho pequeno, diferindo significativamente dos valores alcançados pelas sementes muito grandes, grandes e médias. Em algarobeira, CASTRO & DUTRA (1996) não encontraram diferenciação entre as três classes de tamanho das sementes quanto à germinação, no entanto, as sementes menores apresentaram vigor inferior às médias e grandes.

O potencial fisiológico reúne informações sobre a germinação e o vigor das sementes. Para sementes florestais, a qualidade é geralmente avaliada por meio do teste de germinação, efetuado em laboratório sob condições controladas, uma vez que no campo ocorrem flutuações ambientais que podem alterar o comportamento das sementes (FIGLIOLIA, 1984).

O teste de germinação consiste em determinar o potencial germinativo de um dado lote de forma a avaliar a qualidade fisiológica das sementes para fins de semeadura e produção de mudas (BRASIL, 1992; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Deve ser realizado em ambiente de laboratório, sob condições controladas de temperatura, umidade e luz (BRASIL, 1992). Já os diversos testes de avaliação do vigor continuam sendo um grande desafio para os tecnologistas de sementes, devido a sua subjetividade e dificuldade de padronização (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Para as sementes de espécies florestais nativas, a interpretação dos resultados dos testes que avaliam o vigor é dificultada pela característica selvagem das mesmas, pela desuniformidade no processo de maturação ou pela presença de dormência nas sementes, dentre outros fatores (BIRUEL, 2006).

Existem vários testes que visam determinar a qualidade fisiológica das sementes com o objetivo de fornecer informações sobre o vigor e a viabilidade de um lote. Entre eles, podem-se citar os testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e do tetrazólio, além do teste padrão de germinação, no qual pode-se obter dados de porcentagem e velocidade de germinação, comprimento e biomassa de plântulas. A análise e comparação desses valores, com aqueles para o grupo controle, possibilita obter informações sobre variações no vigor e viabilidade das sementes (MARCOS FILHO, 2005). A viabilidade das sementes de *Tabebuia aurea* Benth. & Hook. f. ex. S. Moore, medida através do teste de tetrazólio, apresentou resultados similares aos obtidos no teste de germinação em laboratório, indicando ser esse teste adequado para medir a viabilidade das sementes desta espécie (OLIVEIRA et al., 2006b)

Estudar a resistência das sementes em diferentes condições de estresse é, também, importante para que se possa determinar o limite de resistência destas frente a diferentes condições adversas. Neste sentido, o estudo da germinação de sementes sob estresse hídrico tem grande importância prática, pois muitas vezes quando da semeadura e, ou plantio, as sementes e mudas, podem passar por períodos de limitação na disponibilidade de água. Assim, o estresse hídrico, por exemplo, contribui para a diminuição da velocidade de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não

ocorre (BEWLEY & BLACK, 1994). Potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a seqüência de eventos do processo germinativo (MIKUSINISK, 1987 citado por ÁVILA et al., 2007).

O conhecimento do período de germinação, de estabelecimento e de desenvolvimento das plântulas arbóreas é importante para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água está limitada durante uma época do ano. A capacidade de germinação das sementes de algumas espécies sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca (ROSA et al., 2005). Sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.), com 95% de germinação, tiveram sua germinação reduzida para 63-53% quando submetidas a soluções de polietileno glicol (PEG) com potenciais osmóticos entre -0,9 e -1,2 MPa, enquanto em soluções salinas de potenciais equivalentes a germinação foi, respectivamente, reduzida a 27 e 9,5%, mostrando, assim, menor tolerância ao estresse salino do que ao hídrico (BAKKE et. al, 2006). A redução na disponibilidade hídrica diminuiu também a germinação das sementes de *Amburana acreana* (Ducke) e a formação de plântulas e os limites para germinação ocorrem na faixa de zero a -1,0 MPa e, para formação de plântulas, de zero a -0,4 MPa (BELLO et al., 2008).

As concentrações de PEG 6000, a partir de -0,8 MPa e -0,6 MPa, impediram a absorção de água pelas sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan, prejudicando a porcentagem de germinação e a velocidade de germinação, respectivamente (REGO et al., 2007). A diminuição na disponibilidade de água também reduziu a germinabilidade e a velocidade de germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (FERRAZ-GRANDE & TAKAKI, 2006), enquanto que em *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. reduziu o crescimento das plântulas (SILVA & CARVALHO, 2008).

### 3. Referências

ABREU, D. C. A. **Germinação e caracterização morfológica de *Allophylus edulis* (S. Hil.) Radlk. e *Drimys brasiliensis* Miers**. Curitiba, 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

AGUIAR, I. B.; BARCIELA, F. J. P. Maturação de sementes de cabreúva. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 63-71, 1986.

AGUIAR, I. B.; PERECIN, D.; KAGEYAMA, P. Y. Maturação fisiológica de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **IPEF**, Piracicaba, v. 38, p. 41-49, 1988.

AGUIAR, F. F.; PINTO, M. M.; TAVARES, A. R.; KANANSHIO, S. Maturação de frutos de *Caesalpinia echinata* Lam., pau brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2007.

AGUIAR, R. H.; FANTINATTI, J. P.; GROTH, D.; USBERTI, R. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p.134-139, 2001.

ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, L. A.; ALVES, E. U. Superação da dormência em sementes de *Bauhinia divaricata* L. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 871-879, 2004.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U. Ácido sulfúrico na superação da dormência de unidades de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 187-195, 2006.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.. Escarificação ácida na superação da dormência de sementes de pau ferro (*Caesalpinia*

*ferrea* Mart. Ex Tul. var. *leiostachya* Benth.). **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 37-47, 2009.

ALVES, M. C. S.; MEDEIROS-FILHO, S.; ANDRADE-NETO, M.; TEÓFILO, E. M. Superação da dormência em sementes de *Bauhinia monandra* Britt e *Bauhinia unguolata* L. - Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 139-144, 2000.

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S.; FERNANDES, M. J. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dalbergia nigra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 517-523, 2006.

ANDRADE-LIMA, D. **Plantas da Caatinga**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243 p.

AVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIN, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

BACKES, M. A. **Viveiro municipal**: produção, pesquisa e educação ambiental. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 1992. 48 p.

BAKKE, I. A.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.). **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.

BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A. C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 431-439, 2002.

BARBOSA, J. B. F.; NOGUEIRA, A. C. Efeito do tamanho da semente e da matriz na germinação e no vigor de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 9, n. 1/2, p. 179, 1999.

BARBOSA, J. M.; BARBOSA, L. M. Avaliação de substratos, temperaturas de germinação e potencial de armazenamento de sementes de três frutíferas silvestres. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 1. p. 152-160, 1985.

BECHARA, F. C.; FERNANDES, G. D.; SILVEIRA, R. L. Quebra de dormência de sementes de *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene Leguminosae visando a restauração ecológica do Cerrado. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 58-63, 2007.

BELLO, E. P. B. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. F. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 3, p. 16-24, 2008.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Prenum Press, 1994. 445 p.

BIRUEL, R. P. **Caracterização e germinação de sementes de *Aegiphyla sellowiana*** Cham. São Carlos, 2006, 131 f. Tese (Doutorado em Ciências - Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B. de; PIÑA RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-135.

BORGES, E. E. L.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; REZENDE, S. T.; PEREZ, S. C. J. G. A. Alterações fisiológicas em sementes de *Tachigalia multijuga* (Benth.) (mamoneira)

relacionadas aos métodos para a superação da dormência. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 317- 325, 2004.

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

BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 136-143, 2001.

CALIL, A. C.; LEONHARDT, C.; BUSNELLO, A. C.; BUENO, O. L. Época de coleta de sementes de *Maytenus dasyclada* Mart. – Celastraceae no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 60, n. 1, p. 11-16, 2005.

CARDOSO, V. J. M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A. G., BORGUETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-134.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASTRO, V. B.; DUTRA, A. S. Influência do tamanho de sementes de algarobeira na germinação e no vigor. In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 15., 1996. Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRATES, 1996. p.33.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ARANTES, L. O.; NERY, F. C. Superação de dormência em sementes de *Zeyheria montana* Mart. **Ciência Agrotécnica**, Fortaleza, v. 31, n. 6, p. 1744-1748, 2007.

DUCKE, J. A. On tropical tree seedlings: seeds, seedlings, systems and systematics. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 56, n. 2, p. 125-161, 1969.

FERRAZ-GRANDE, F. G. A.; TAKAKI, M. Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 37-42, 2006.

FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura e substrato na germinação de algumas essências florestais nativas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE MUDAS E QUALIDADE DE SEMENTES FLORESTAIS, 1, 1984, Curitiba, **Anais...** Curitiba: UFPR/IUFRO, 1984, p. 193-204.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FOSSATI, L. C. **Ecofisiologia da germinação das sementes em populações de *Ocotea puberula* (Rich.) Ness, *Prunus Sellowii* Koehne e *Piptocarpha angustifolia* Dusén Ex Malme**. Curitiba, 2007. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Documentos, 40).

GEMANAQUE, R. C. R.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.) **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 84-91, 2002.

GUIMARÃES, D. M.; BARBOSA, J. M. Coloração dos frutos como índice de maturação para sementes de *Machaerium brasiliense* Vogel (Leguminosae – Fabaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 567-569, 2007.

HIRANO, E. **Maturação fisiológica, tolerância à dessecação e conservação de sementes de lauráceas da mata de araucária de Santa Catarina**. Curitiba, 2004. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LEDO, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; LEDO, F. J. S.; ARAÚJO, E. C. Efeito do tamanho de semente, do substrato e pré-tratamento germinativo na germinação de sementes de pupunha. **Ciência Agrotécnica**, Fortaleza, v. 33, n. 1, p. 29-32, 2002.

LEONHARDT, C.; TILLMANN, F. A. V.; MATTEI, V. L. Maturação fisiológica de sementes de tarumã-de-espinho (*Citharexylum montevidense* (Spreng.) Moldenke - Verbenaceae), no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 100-107, 2001.

LIMA, J. D.; ALMEIDA, C. C.; DANTAS, V. A. V.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 513-518, 2006.

LIMA, J. D.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. Germinação e armazenamento de sementes de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2007.

LIMA, M. P. M.; LIMA, H. C. *Parapiptadenia* Brenan (Leguminosae-Mimosoideae) – Estudo taxonômico das espécies brasileiras. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 60, p. 23-30, 1984.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; PEREIRA, M. D. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 811-816, 2005.

LOPES, J. C.; DIAS, J. C. L.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos para acelerar a germinação e reduzir a deterioração das sementes de *Ormosia nitida* Vog. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 171-177, 2006.

LOPES, J. C.; LIMA, R. V.; MACEDO, C. M. P. Germinação e vigor de sementes de urucu. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 19-25, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. p. 197.

LOUREIRO, M. B.; GONÇALVES, E. R.; ROSSETTO, C. A. V. Avaliação do efeito do tamanho de sementes na germinação e no vigor de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr.). **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 73-77, 2004.

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. 1. ed. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Dormancy breaking and germination of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seed. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 851-854, 2004.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p. il.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Germinação de sementes de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville de diferentes origens submetidas a tratamentos para superação de dormência. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1059-1067, 2008.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4. ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 210 p.

MEDEIROS FILHO, S.; FRANÇA, E. A.; INNECO, R. Germinação de sementes de *Operculina macrocarpa* (L.) Fawel e *Operculina alata* (Ham.) Urban. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 102-107, 2002.

MELO, J. L. O.; BARBEDO, C. J. Temperatura, luz e substrato para germinação de sementes de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) (Leguminosa Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 102-112, 2007.

MONDO, V. H. V.; BRANCALION, P. H. S.; CICERO, S. M.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; DOURADO NETO, D. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 2, p. 177-183, 2008.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; ZUCARELI, C.; MARTINS, C. Viabilidade de sementes de mucuna-preta em função do tamanho, da maturação e da secagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 107-112, 2007.

OLIVEIRA, I. V. M.; ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G. Influência do tamanho-peso da semente na precocidade de emergência de bacuripari (*Rheedia gardneriana*). **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 387-390, 2006a.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, S.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 25-32, 2006b.

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos para quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel). Taubert. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 597-603, 2003.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G., BORGHETTI, F (Orgs.): **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 283-297.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

RAMOS, A. K. B.; SOUZA, M. A.; PIZARRO, E. A. **Algumas informações sobre a produção e o armazenamento de sementes de *Cratylia argentea***. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. p. 1-4. (Circular Técnica, 25).

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo) Leguminosae – Papilionoideae**: produção de mudas. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p. 1-3. (Comunicado Técnico, 106).

REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Influência de potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan (angico-branco) – Mimosaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 549-551, 2007.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (Timbó). **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

ROSSETO, C. A. V.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L.) var. *oleifera* Metzg. em função da coloração do tegumento, durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 31-37, 2000.

SANTOS, S. R. G.; AGUIAR, I. B. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill) Smith & Downs separadas pela coloração do tegumento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 69, p. 77-83, 2005.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. Germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. (monjoleiro) e de *Aspidosperma ramiflorum* Müll. Arg. (guatambu). **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 353-361, 2007a.

SILVA, K. B.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; GONÇALVES, E. P.; BRAZ, M. S.; VIANA, J. S. Quebra de dormência em sementes de *Erythryna velutina* Willd. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 180-182, 2007b.

SILVA, B. M. S.; CARVALHO, N. M. Efeitos do estresse hídrico sobre o desempenho germinativo da semente de faveira (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard. – Fabaceae) de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 1, p. 55-65, 2008.

SILVA, L. D.; HIGA, A. R. Planejamento e implantação de pomares de sementes de espécies florestais nativas. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p.13-39.

SMIRDELE, O. J.; MOURÃO JUNIOR, M.; SOUSA, R. C. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de acácia. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 78-85, 2005.

SOUZA FILHO, P. R. M.; MORAES, M. C.; SIMABUKURO, E. A. Quebra da dormência em *Chloroleucon dumosum* (Benth) G. P. Lewis. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 33-35, 2007.

SOUZA JUNIOR, C. N.; BERNARDO, V.; BARBOSA, J. M.; CASTAN, G. S.; MENEGUCCI, Z. R. H. Coloração dos frutos como indicador de maturação de sementes de araçarana (*Calythranthes clusiifolia* (Miq.) O. Berg). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 1131-1133, 2007.

SOUZA, S. M.; LIMA, P. C. F. Caracterização de sementes de algumas espécies florestais nativas do Nordeste. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Instituto Florestal, 1982. p. 1156-1157.

YUYAMA, K.; SILVA FILHO, D. F. Influência do tamanho e da coloração da semente na emergência de plântulas de camu-camu. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 39, p. 155-162, 2003.

## **CAPITULO 2 – SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Piptadenia moniliformis* Benth.**

**RESUMO** - O angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis* Benth.) é uma espécie arbórea melífera, de crescimento rápido, característica da caatinga do nordeste brasileiro, onde é muito abundante e com dispersão contígua e irregular. Seus ramos finos, junto com as folhas, servem como alimento para animais. Como suas sementes apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de suas sementes visando maximizar e uniformizar o processo de germinação. Foram estudados 28 tratamentos pré-germinativos: imersão em água a 70°C, 80°C, 90°C e fervente por 1, 2, 3, 4 e 5 min e imersão em ácido sulfúrico concentrado por 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 min, além da testemunha. A semeadura foi realizada sobre papel de filtro em temperatura alternada de 20-30°C, utilizando quatro repetições de 25 sementes. Foram avaliadas as porcentagens de sementes com protrusão de raiz primária, plântulas normais e de sementes duras e o índice de velocidade de germinação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os tratamentos de imersão em água, independentemente da temperatura e do período de imersão, não foram eficientes para superar a dormência das sementes. A imersão por 20, 25 ou 30 min em ácido sulfúrico é eficiente na superação da dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

**Palavras-Chave:** angico-de-bezerro, dormência, germinação.

### **Introdução**

Algumas espécies retardam a germinação de suas sementes, até que as condições do ambiente estejam adequadas para o seu estabelecimento e

sobrevivência. Esse mecanismo, denominado dormência, constitui-se numa estratégia benéfica às sementes, pela distribuição da germinação ao longo do tempo, aumentando, assim, a probabilidade de sobrevivência das espécies (FOWLER & BIANCHETTI, 2000).

Assim, a dormência apresenta-se vantajosa para a perpetuação e o estabelecimento de muitas espécies vegetais nos mais variados ambientes (ZAIDAN & BARBEDO, 2004), ampliando a possibilidade de estabelecimento de novos indivíduos ou a colonização de novas áreas por distribuir a germinação no espaço e no tempo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Por outro lado, a dormência é, geralmente, uma característica indesejável na agricultura, onde germinação e crescimento rápidos são exigidos (TEDESCO et al., 2001) e, também para os viveiristas, pois a dormência acaba por induzir problemas como desuniformidade entre as mudas, além de maior tempo de exposição às condições adversas, como a predação por pássaros e insetos e ataque de patógenos, além de maior risco de perda de sementes por deterioração (EIRA et al., 1993; CARVALHO, 1994).

No entanto, algum grau de dormência é vantajoso pelo menos durante o desenvolvimento da semente (BEWLEY & BLACK, 1994), uma vez que sua presença é capaz de impedir a germinação antes que ocorram condições propícias, ou de proteger contra danos durante a dispersão (BORGES & RENA, 1993).

O uso de espécies nativas arbóreas para programas de reflorestamento em manejo sustentado ou, ainda, para a arborização urbana, vem se intensificando nos últimos anos e, muitas dessas espécies, apresentam mecanismos de dormência, dificultando o planejamento dos viveiristas para a obtenção de mudas (ZAIDAN & BARBEDO, 2004).

*Piptadenia moniliformis* Benth., conhecida popularmente como angico-de-bezerro ou rama-de-bezerro, é uma espécie pioneira, rústica e de rápido crescimento, indicada para reflorestamentos heterogêneos com fins preservacionistas. Ocorre frequentemente nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará indo até a Bahia, na caatinga. Em razão do pequeno porte que a árvore atinge, sua madeira é empregada apenas localmente em

pequenas obras de construção civil, marcenaria leve, cabo de ferramentas e para lenha e carvão. Produz anualmente abundante quantidade de sementes (LORENZI, 2002).

O angico-de-bezerro apresenta propriedades medicinais, fornece forragem para a bovinocultura e caprinocultura e madeira e lenha para a população da zona rural. Na região Nordeste do Brasil, onde a apicultura tem como fonte as flores de plantas nativas, esta espécie destaca-se como planta melífera em potencial. Suas flores são apreciadas pelas abelhas, fornecendo mel de excelente qualidade (SILVA et al., 2004). Entretanto, de acordo com JESUS (1997), sua biologia é pouco estudada, limitando-se os conhecimentos à identificação da espécie e a métodos para superação de dormência.

NASCIMENTO & OLIVEIRA (1999) testaram vários tratamentos pré-germinativos em sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (escarificação mecânica, água quente, água à temperatura ambiente, ácido sulfúrico e álcool etílico) e concluíram que a água a 80°C durante 1,0 ou 2,5 min e o ácido sulfúrico durante 10 min, foram eficientes na superação da dormência das sementes sob a temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ .

A espécie em questão pertence à família Leguminosae, apresentando dormência por impermeabilidade do tegumento à água, característica desta família e de outras como Malvaceae, Geraniaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Solanaceae e Liliaceae (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). A presença de um tegumento duro, impermeável à água e aos gases dificulta o processo de absorção de água pela semente e restringe os processos físicos e as reações metabólicas básicas da germinação (LIMA et al., 2003; BORGES et al., 2004).

A escarificação mecânica e química, bem como a imersão em água quente são métodos bastante utilizados e, com sucesso, na superação desse tipo de dormência encontrado em sementes de espécies florestais. A aplicação e a eficiência destes tratamentos dependem do grau de dormência, o que é variável entre as espécies, da procedência e do ano de coleta das sementes (GARCIA et al., 2002; ALVES et al., 2004; BARBOSA et al., 2005; SILVA et al., 2007).

No caso da escarificação ácida, esta ocasiona o desgaste do tegumento, promovendo aumento da permeabilidade da semente e, o emprego da água quente

amolece o tegumento favorecendo também aumento da permeabilidade (PEREZ, 2004).

Visando complementar estudos sobre superação da dormência por impermeabilidade do tegumento à água e considerando-se que existem variações na intensidade de dormência das sementes em função da época de colheita e da sua procedência, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de tratamentos pré-germinativos, visando aumentar e uniformizar a germinação de sementes de angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis* Benth.).

## **Material e Métodos**

As sementes de angico-de-bezerro foram coletadas de frutos provenientes de no mínimo 15 árvores matrizes, localizadas no município de Campo Grande do Piauí – PI, em outubro de 2006. A coleta das sementes se deu a partir de características fenotípicas das matrizes, tais como: boa capacidade de produção de sementes e bom aspecto fitossanitário. Os frutos, em início de deiscência natural, foram coletados e mantidos à sombra por alguns dias, para facilitar a extração das sementes.

O município de Campo Grande do Piauí está localizado na microrregião do Alto Médio Canindé, compreendendo uma área de 341 km<sup>2</sup>, cuja sede municipal tem as coordenadas geográficas de 07° 07'54" S e 41° 02'10" W e dista cerca de 353 km de Teresina, a capital do Estado. Com uma altitude de 440 m acima do nível do mar, o município apresenta temperaturas mínima de 18°C e máxima de 36°C, com clima semi-árido, quente e seco. A precipitação pluviométrica média anual é em torno de 500 mm, sendo os meses compreendidos entre dezembro e março considerados como os mais chuvosos e o solo apresenta elevada deficiência hídrica durante a estação seca (IBGE, 1977).

Após a extração manual das sementes, essas foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes e encaminhadas a UNESP-Jaboticabal em outubro de 2006,

sendo em seguida, armazenadas em câmara fria ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  UR) até a instalação do experimento que ocorreu em março de 2007.

Previamente ao experimento, foi determinado o teor de água das sementes, adotando-se o método de estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 h, utilizando duas repetições de 20 sementes, cujo teor de água obtido foi de 10%. Em seguida, foi conduzido um ensaio preliminar a fim de determinar a curva de embebição das sementes. Como estas permaneceram, em sua maioria, intactas durante o período de condução do ensaio, (sete dias), deu-se início aos tratamentos para superação da dormência. Os tratamentos pré-germinativos constaram da imersão das sementes em água quente ou em ácido sulfúrico, além da testemunha que não recebeu qualquer tratamento pré-germinativo.

Imersão em água quente - as sementes foram imersas em água quente nas temperaturas de  $70^\circ\text{C}$ ,  $80^\circ\text{C}$ ,  $90^\circ\text{C}$  e fervente (ponto de ebulição) por 1, 2, 3, 4 e 5 min. Neste último tratamento, assim que se atingiu o ponto de ebulição, foi eliminada a fonte de calor, procedendo-se, então, a imersão das sementes pelos períodos previamente estabelecidos.

Imersão em ácido sulfúrico - as sementes foram imersas em ácido sulfúrico concentrado (96%) por 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 min, sendo em seguida, lavadas em água corrente durante um período de cinco minutos.

Após a aplicação dos tratamentos pré-germinativos, as sementes permaneceram à temperatura de ambiente de laboratório durante três dias. Efetuou-se em seguida, a semeadura em substrato sobre papel “mata borrão” umedecido com água em quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do substrato não hidratado. O teste de germinação foi conduzido em caixas de plástico transparentes, com tampa (11 x 11 x 3,5 cm), em germinador regulado à temperatura alternada de  $20\text{-}30^\circ\text{C}$ . As contagens foram efetuadas diariamente, após a semeadura, considerando germinada aquela semente que apresentava curvatura geotrópica positiva. O período de leitura se estendeu durante 21 dias, quando ocorreu a estabilização da germinação e desenvolvimento de plântulas normais. Foram avaliadas a porcentagem de sementes

com protrusão de raiz primária e de plântulas normais, índice de velocidade de germinação (MAGUIRE, 1962) e porcentagem de sementes duras.

Adicionalmente, com o intuito de verificar as camadas celulares constituintes do tegumento, responsáveis pelo impedimento à entrada de água na semente, foi feito um corte longitudinal na semente seca, com o auxílio de um bisturi, e a parte que continha o eixo embrionário foi levada ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, para análise e fotodocumentação.

Os dados foram submetidos à análise de variância, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com 28 tratamentos e quatro repetições de 25 sementes, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Os dados de porcentagem foram transformados em  $\arcseno\sqrt{x/100}$ , em que x representa a porcentagem de sementes com protrusão da raiz primária, de plântulas normais e de sementes duras. Para a interpretação dos resultados, os dados são apresentados com as médias originais.

## **Resultados e Discussão**

Os tratamentos de imersão das sementes em ácido sulfúrico durante 20, 25 e 30 min foram eficientes em promover maiores porcentagens de germinação (Figura 1), de plântulas normais (Figura 2) e de índice de velocidade de germinação (IVG) (Figura 3) e redução na porcentagem de sementes duras (Figura 4) e, diferindo significativamente dos demais tratamentos, à exceção do IVG cujos resultados não diferiram da imersão em água a 80°C e 90°C durante três minutos. A imersão em ácido por um minuto foi ineficiente para superar a dormência das sementes, mesmo que parcialmente, proporcionando resultados semelhantes ao tratamento controle para todas as características. Para plântulas normais, o emprego do ácido durante cinco minutos também não diferiu do tratamento controle.

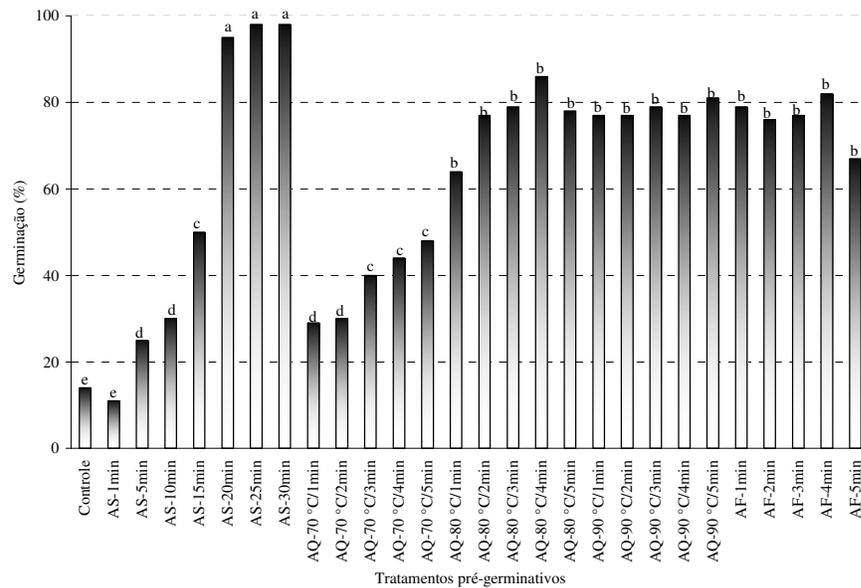


Figura 1. Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. AS - ácido sulfúrico; AQ - água quente; AF - água fervente. Valor de “F” para tratamentos = 34,73 ( $P < 0,01$ ); CV(%) = 11,08. Médias seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

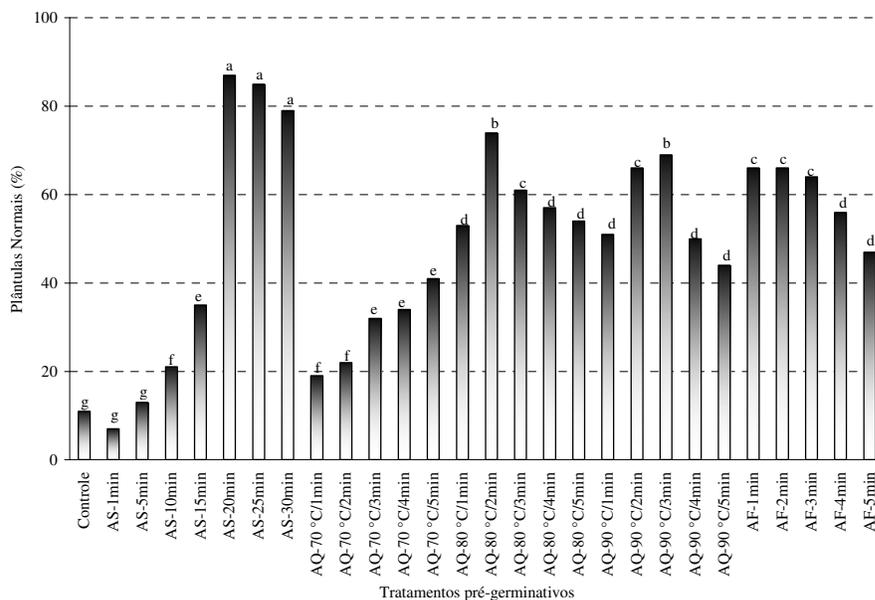


Figura 2. Valores médios de porcentagem de plântulas normais de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de sementes submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. AS - ácido sulfúrico; AQ - água quente; AF - água fervente. Valor de “F” para tratamentos = 33,99 ( $P < 0,01$ ); CV(%) = 11,21. Médias seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

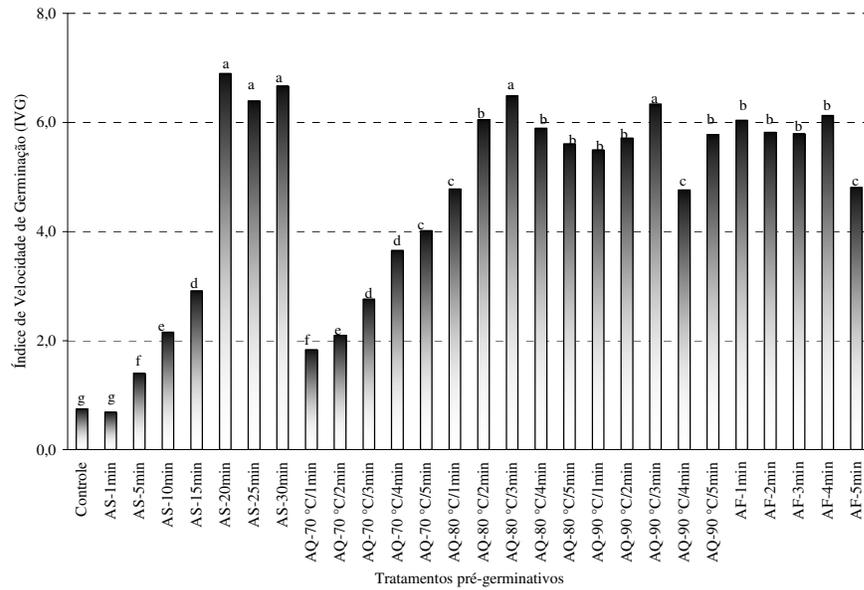


Figura 3. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. AS - ácido sulfúrico; AQ - água quente; AF - água fervente. Valor de “F” para tratamentos = 42,28 ( $P < 0,01$ ); CV(%) = 13,22. Médias seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

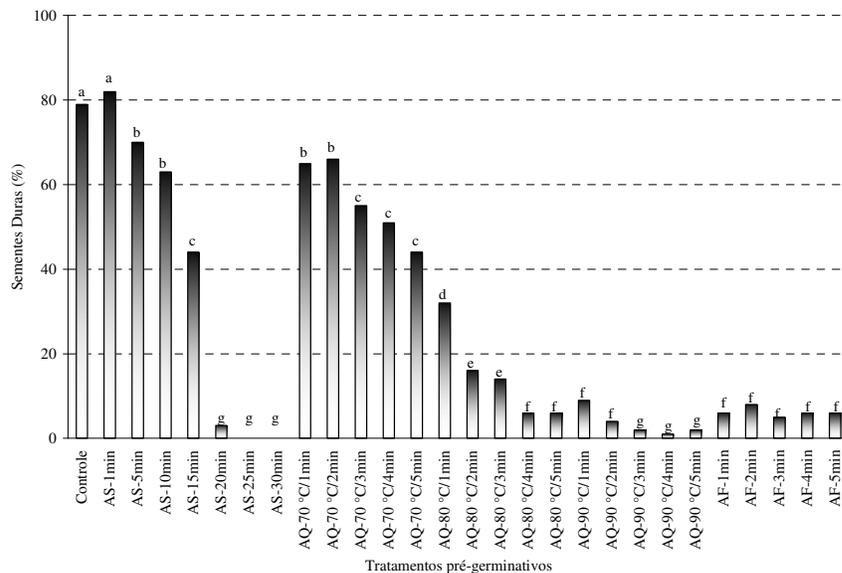


Figura 4. Valores médios de porcentagem de sementes duras de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. AS - ácido sulfúrico; AQ - água quente; AF - água fervente. Valor de “F” para tratamentos = 58,68 ( $P < 0,01$ ); CV(%) = 20,79. Médias seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

O uso do ácido sulfúrico durante dez minutos foi utilizado por NASCIMENTO & OLIVEIRA (1999) para superar a dormência de sementes do angico-de-bezerra, obtendo-se 87% de germinação e 14,1 de IVG. Tais resultados divergem dos obtidos neste trabalho, indicando que as sementes utilizadas neste experimento manifestaram um nível de dormência mais acentuado, necessitando de um período maior de imersão para promover maior velocidade de germinação. Trabalhos mais recentes relatam a eficiência do ácido sulfúrico em sementes florestais, a exemplo dos de TELES et al. (2000), HERMANSEN et al. (2000), ARAÚJO NETO & AGUIAR (2000), BORGES et al. (2004), ALVES et al. (2006, 2007a); LOPES et al. (2006, 2007); DUTRA et al. (2007, 2008); SOUZA et al. (2007), SCALON et al. (2007), enquanto outros relatam a sua não eficiência (MARTINELLE-SEMENEME et al., 2006; NUNES et al., 2006; ALVES et al., 2007b).

Os demais tratamentos pré-germinativos, ou seja, imersão das sementes em ácido sulfúrico durante 10 e 15 min e em água quente, independentemente da temperatura e período de imersão, proporcionaram aumentos nas características de germinação, plântulas normais e IVG comparativamente ao tratamento controle, porém, de forma não tão eficiente como os tratamentos em ácido sulfúrico por 20, 25 e 30 min (Figuras 1 a 4), superando a dormência das sementes apenas parcialmente.

Nas sementes imersas em água a 70°C, o valor mais elevado da germinação (48%) foi atingido com cinco minutos de imersão, valor este considerado baixo. Portanto, a imersão em água à temperatura de 70°C revelou-se ineficiente na superação da dormência tegumentar das sementes de angico-de-bezerra, pois, praticamente, metade das sementes permaneceu intacta, sem qualquer indício de absorção de água. Com o aumento da temperatura da água houve maior germinação das sementes, porém, sem diferenças significativas entre os tratamentos de 80 e 90°C e água fervente (Figura 1). Percebe-se, ainda, que a 80°C há uma tendência de aumento da germinação com o aumento do período de imersão das sementes, porém, esse aumento não foi significativo.

Comparando-se os resultados deste trabalho com os de NASCIMENTO & OLIVEIRA (1999), com sementes de angico-de-bezerra, pode-se inferir que as

sementes utilizadas aqui apresentaram um grau de dormência mais acentuado, porque a imersão das sementes à temperatura de 80°C, por um minuto, proporcionou 64% de germinação, enquanto que os resultados encontrados pelos autores, nessa mesma temperatura, foi na ordem de 82,5%, 74% e 20,5% de germinação para os períodos de 1; 2,5 e 5,0 min, respectivamente.

A imersão das sementes em ácido sulfúrico durante 20, 25 e 30 min proporcionou as maiores porcentagens de plântulas normais (Figura 2), diferindo significativamente dos demais tratamentos. Por outro lado, a imersão em água a 70°C, assim como o ácido sulfúrico por 1, 5 e 10 min, proporcionaram valores reduzidos de plântulas normais, demonstrando-se ineficientes em superar a dormência tegumentar das sementes em sua totalidade. De modo geral, a imersão em água quente a 80°C e 90°C não favoreceu o desenvolvimento de plântulas normais, mesmo tendo proporcionado elevados percentuais de germinação. Nesses tratamentos houve a ocorrência de plântulas mortas, principalmente nos maiores períodos de imersão, quando do encerramento do teste de germinação aos 21 dias. A água fervente durante um minuto foi indicada por SMIRDELE et al. (2005) e SOUZA et al. (2007) para superação da dormência de sementes de *Acacia mangium* Willd. e *Leucaena diversifolia* L., respectivamente.

Segundo PEREZ (2004) o uso de água quente é um tratamento muito mais prático do que a lixa ou punção dos envoltórios. É mais eficaz quando as sementes ficam mergulhadas na água pré-aquecida (cerca de 70 a 80°C) por período pré-estabelecido ou até o esfriamento. As respostas de sementes florestais ao se utilizar este tratamento pré-germinativo não é bem definida. MONTARDO et al. (2000) encontraram uma resposta favorável com a utilização da água quente na superação da dormência em sementes de espécies do gênero *Adesmia*.

Por outro lado, TEDESCO et al. (2001), também com sementes de *Adesmia*, não verificaram efeito favorável. A não eficiência da água quente (85°C durante 60 e 30 segundos) também foi relatada por BORGES et al. (2004) em sementes de *Tachigalia multijuga* Benth., nas quais não ocorreu nem germinação nem a morte das sementes. Por outro lado, LIMA et al. (2003), trabalhando com sementes de *Parkinsonia aculeata*

L. e *Guazuma ulmifolia* Lam, encontraram resultados satisfatórios de germinação ao utilizar a imersão em água a 85°C com uma agitação rápida das semente, permanecendo submersas, em repouso, por um período de duas horas. Essas contradições podem estar relacionadas a vários aspectos tais como a própria espécie estudada, época de coleta, o estágio de maturação das sementes, procedência, temperatura e período de imersão, dentre outros. A água em ebulição, conforme constata PEREZ (2004) também pode ser empregada para sementes com casca muito rígida. Nessas condições, o tempo de permanência das sementes pode variar de um a vários minutos, dependendo da rigidez do tegumento. Sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng Taub) e paineira (*Chorisia speciosa* St Hill) não suportaram a imersão em água fervente, mesmo por curtos períodos de tempo, entre 1 e 5 min (PEREZ et al., 1999; FANTI, 2001). A utilização da água fervente na superação de dormência de sementes pode causar um incremento na permeabilidade do tegumento da semente ao dissolver ou deslocar um ou mais elementos estruturais da barreira impermeável (BASKIN et al., 1998).

Em relação ao IVG (Figura 3), os resultados apresentaram a mesma tendência observada para a germinação e plântulas normais. No entanto, além do efeito favorável do ácido sulfúrico durante 20, 25 e 30 min em romper o tegumento da semente, a imersão das sementes em água a 80°C e 90°C durante 3 min, também promoveu maior velocidade de germinação das sementes. Quando as sementes foram imersas a 70°C, os valores de IVG foram reduzidos, mesmo se constatando acréscimos nesses valores à medida que se aumentava o período de imersão.

A porcentagem de sementes duras provenientes dos diferentes tratamentos pré-germinativos (Figura 4) evidencia a baixa eficiência dos tratamentos com ácido até 15 min de imersão, da água a 70°C, independentemente do período de imersão, e da água a 80°C durante 1 a 3 min. A menor eficiência da imersão em água fervente comparativamente a imersão em água a 90°C pode ser atribuída à eliminação da fonte de calor da primeira fazendo com que a temperatura da água ao final dos maiores períodos de imersão (3, 4 e 5 min) reduzisse para valores abaixo de 80°C.

Em Fabaceae, a principal resistência à entrada de água é conferida pela testa, pois com a ruptura desta camada, ocorre uma rápida absorção de água, iniciando-se a germinação (MONTARDO et al., 2000). A testa é constituída de células parenquimatosas dispostas em paliçada, as quais apresentam paredes celulares lignificadas e com deposição de substâncias de natureza hidrofóbica, tais como lipídios, suberina, cutina, substâncias pécticas e lignina (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; CARDOSO, 2004).

O eixo embrionário pode ser observado na Figura 5, enquanto as camadas celulares presentes no tegumento da semente de angico-de-bezerro podem ser visualizadas na Figura 6. O tegumento apresenta três camadas celulares: a mais externa é constituída pela epiderme, seguida de uma camada de células bastante longas, afiladas e justapostas, com paredes espessas e lignificadas, formando uma camada compacta (camada paliçada), que confere caráter impermeável à semente; abaixo dessa camada pode-se observar a presença de células parenquimáticas poliédricas, com alguns espaços intercelulares e dispostas em sentido contrário às células da camada paliçada.

MELO et al. (2004), estudando a anatomia de sementes de *Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang., da mesma família do angico-de-bezerro, encontraram também três camadas celulares no tegumento. No entanto, não foram similares às encontradas neste trabalho, em termos de estrutura e organização de suas células. Segundo os autores, o primeiro grupo de células eram estreitas e longas, em paliçada. O segundo grupo, também em paliçada, é formado por células de paredes espessadas, em um único estrato, com espaços intercelulares e o terceiro formado por vários estratos de células alongadas semelhante à camada anterior, mais desorganizadas e com conteúdo resinoso.

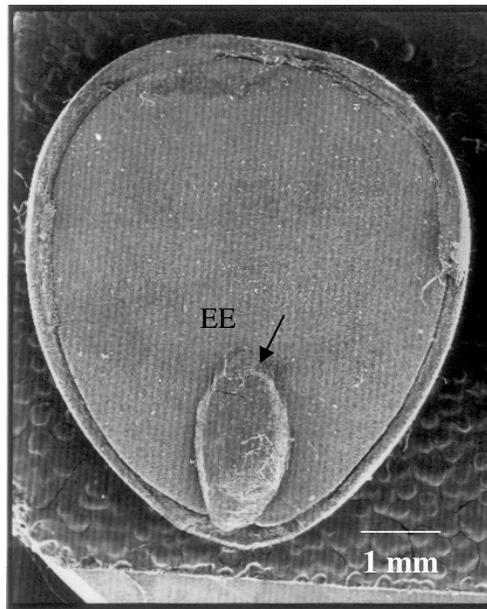


Figura 5. Elétron-micrografia de varredura da semente de *Piptadenia moniliformis* Benth em corte longitudinal. EE- eixo embrionário.

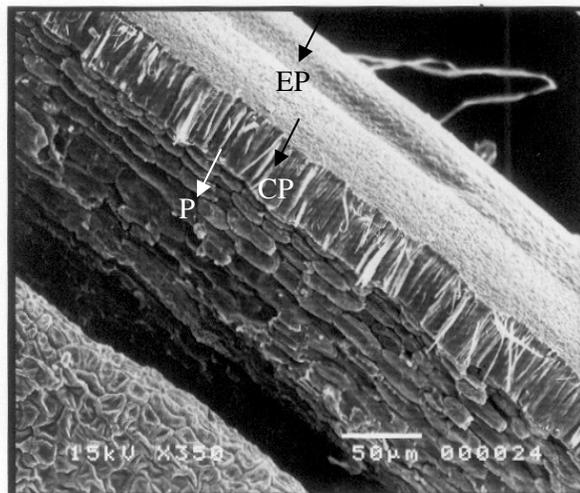


Figura 6. Elétron-micrografia de varredura das camadas celulares presentes no tegumento da semente de *Piptadenia moniliformis* Benth. em corte longitudinal. EP – epiderme; CP- camada paliçada; P – camada de células parenquimáticas.

## Conclusão

A imersão em ácido sulfúrico por 20, 25 ou 30 min é eficiente na superação da dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

## Referências

ALVES, E. U.; CARDOSO, E. A.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U.; GALINDO, E. A.; BRAGA, J. M. Superação de dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 405-415, 2007a.

ALVES, A. F.; ALVES, A. F.; GUERRA, E. C.; MEDEIROS FILHO, S. Superação de dormência de sementes de braúna (*Schinopsis brasiliense* Engl.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 74-77, 2007b.

ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, L. A.; ALVES, E. U. Superação de dormência em sementes de *Bauhinia divaricata* L. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.1 8, n. 4, p. 871-879, 2004.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U. Ácido sulfúrico na superação de dormência de unidades de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 187-195, 2006.

ARAUJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B. Germinative pretreatments to dormancy break in *Guazuma ulmifolia* Lam. seeds. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 15-24, 2000.

BARBOSA, J. G.; ALVARENGA, E. M.; DIAS, D. C. F. S.; VIEIRA, A. N. Efeito da escarificação ácida e de diferentes temperaturas na qualidade fisiológica de sementes

de *Strelitzia reginae*. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 71-77, 2005.

BASKIN, J. M.; NAM, X.; BASKIN, C. C. A comparative study of seed dormancy on germination in an annual and perennial species of *Senna* (Fabaceae). **Seed Science Research**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 501-512, 1998.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Prentice Hall, 1994. 445 p.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINARODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-135.

BORGES, E. E. L.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; REZENDE, S. T.; PEREZ, S. C. J. G. A. Alterações fisiológicas em sementes de *Tachigalia multijuga* (Benth.) (mamoneira) relacionadas aos métodos de superação de dormência. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 317-325, 2004.

CARDOSO, V. J. M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. (Orgs.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-134.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. 639 p.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; DINIZ, F. O. Germinação de sementes de albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) em função da luz e do regime de temperatura. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 75-81, 2008.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M.; DINIZ, F. O. Germinação de sementes de *Senna siamea* (lam.) H.S. Irwin e Barneby Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 160-164, 2007.

EIRA, M. T. S.; FREITAS, R. W. A.; MELLO, C. M. C. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. – Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 177-181, 1993.

FANTI, S. C. **Aspectos da germinação e efeitos do condicionamento osmótico em sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St Hill – Bombacaceae)**. 2001. 145 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Documentos, 40).

GARCIA, J.; DUARTE, J. B.; FRASSETO, E. G. Superação de dormência em sementes de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 29-31, 2002.

HERMANSEN, L. A.; DURYEA, M. L.; WHITE, T. L. Pretreatments to overcome seed coat dormancy in *Dimorphandra mollis*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, n. 3, p. 581-595, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Geografia do Brasil**: Região Nordeste. Rio de Janeiro: SERGRAF. 1977. 466 p.

JESUS, B. M. **Morfologia de sementes, germinação e desenvolvimento de mudas de angico de bezerro (*Piptadenia obliqua* (Pers.) Macbr.)**. 1997. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1997.

LIMA, A. A. A.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Germinação de sementes de turco (*Parkinsonia aculeata* L.) e mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) em diferentes ambientes e submetidas a metodologias para superação de dormência. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 46-54, 2003.

LOPES, J. C.; BARBOSA, L. G.; CAPUCHO, M. T. Germinação de sementes de *Bauhinia* spp. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 265-274, 2007.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos para acelerar a germinação e reduzir a deterioração de sementes de *Ormosia nitida* Vog. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 171-177, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. p.197.

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

MARTINELLE-SEMENEME, A.; POSSAMAI, E.; SCHUTA, L. R.; VANZOLINI, S. Germinação e sanidade de *Bauhinia variegata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p.719-724, 2006.

MELO, M. G. G.; MENDONÇA, M. S.; MENDES, A. M. S. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var.

*adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 9-14, 2004.

MONTARDO, D. P.; CRUZ, F. P.; CAETANO, J. H.; BOLDRINI, I. I.; DALL' AGNOL, M. Efeito de dois tratamentos na superação de dormência de sementes de cinco espécies de *Adesmia* DC. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2000.

NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; OLIVEIRA, M. E. A Quebra de dormência de sementes de quatro leguminosas arbóreas. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 129-137, 1999.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, M. R.; BRAGA, R. F.; GONZAGA, A. P. D. Germinação de sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) e *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss (Malpighiaceae) sob diferentes tratamentos de escarificação tegumentar. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 8, n. 1, p. 43-52, 2006.

PEREZ, S. C. J. G. A. Envoltórios. In: FERREIRA, A. G., BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 125-134.

PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Spreng Taub. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 2, p.131-137, 1999.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; MUSSURY, R. M.; MACEDO, M. C.; KISSMANN, C. Potencial germinativo de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth., armazenamento, tratamentos pré-germinativos e temperatura de incubação. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 321-328, 2007.

SILVA, C. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, p. 260-265, 2004.

SILVA, K. B.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; GONÇALVES, E. P.; BRAZ, M. S. S.; VIANA, J. S. Quebra de dormência em sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 180-182, 2007.

SMIRDELE, O. J.; MOURÃO JUNIOR, M.; SOUSA, R. C. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de acácia. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 78-85, 2005.

SOUZA, E. R. B.; ZAGO, R.; GARCIA, J.; FARIAS, J. G.; CARVALHO, E. M. S.; BARROSO, M. R. Efeito de métodos de escarificação do tegumento em sementes de *L. diversifolia* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 142-146, 2007.

TEDESCO, S. B.; STEFANELLO, M. O.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; BATTISTIN, A.; DALL'AGNOL, M. Superação da dormência em sementes de espécies de *Adesmia* D.C (Leguminosae). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 89-92, 2001.

TELES, M. M.; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, J. C. G.; BEZERRA, A. M. E. Métodos para quebra da dormência em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 387-391, 2000.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. Quebra de dormência em sementes. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 135-146.

### **CAPITULO 3 – TEMPERATURA E SUBSTRATO PARA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Piptadenia moniliformis* Benth.**

**RESUMO** - Na condução do teste de germinação, o substrato e a temperatura são importantes por proporcionar condições favoráveis à germinação das sementes e o posterior desenvolvimento das plântulas. Apesar da importância das espécies nativas, poucos são os resultados de pesquisa sobre o processo germinativo de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos da temperatura e do substrato na germinação de sementes dessa espécie. Foram utilizadas as temperaturas de 25 °C, 20-30 °C e 20-35 °C nos substratos sobre papel (SP), entre papel (EP), sobre areia (SA), entre areia (EA), sobre vermiculita, (SV) entre vermiculita (EV) e rolo de papel (RP). Avaliaram-se as seguintes características: porcentagem de sementes com protrusão de raiz primária, porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz primária e de hipocótilo e massa seca de plântulas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 7 x 3 (sete substratos e três temperaturas), com quatro repetições de 25 sementes. A temperatura de 25 °C associada aos substratos EP, EA e EV é adequada para a condução do teste de germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

**Palavras-Chave:** angico-de-bezerro, espécie melífera, caatinga, análise de sementes.

#### **Introdução**

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes para fins de comercialização se dá, principalmente, pelo teste de germinação, onde cada espécie exige condições específicas nas quais as sementes expressam o máximo potencial, possibilitando a comparação entre lotes e a determinação do seu valor para a semeadura (LIMA et al., 2007). O teste de germinação deve ser conduzido sob condições controladas e

consideradas ótimas, de modo a permitir a germinação das sementes de uma determinada espécie e, padronizadas, para que o teste possa ser reproduzido (BRASIL, 1992).

Na condução do teste de germinação, o substrato e a temperatura são importantes por proporcionarem condições favoráveis à germinação das sementes e ao posterior desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA & PIÑA-RODRIGUES, 1993). No caso do substrato, sua principal função é dar sustentação às sementes e plântulas, tanto do ponto de vista físico e químico quanto do biológico (VIU et al., 2007).

Dentre os substratos mais utilizados e prescritos em BRASIL (1992) estão o papel (toalha, filtro e mata-borrão), a areia e o solo; entretanto, podem ser encontrados no mercado substratos alternativos que já estão sendo muito utilizados em testes e pesquisas na área florestal, como a vermiculita (FIGLIOLIA et al., 1995), a fibra de sisal (LACERDA et al., 2003) e o pó-de-coco (PACHECO et al., 2006).

A vermiculita é um material de origem mineral, de estrutura laminar, praticamente inerte e livre de microorganismos patogênicos; apresenta baixa densidade, grande aeração e elevada capacidade de retenção de água (WENDLING & GATTO, 2002). O papel, por sua vez, deve ser composto de 100% de fibra de madeira, clareada quimicamente, de algodão ou outro tipo de celulose vegetal. Deve possuir textura porosa e apresentar adequada capacidade de retenção de água para garantir umidade às sementes durante o teste, e valor de pH entre 6,0 a 7,5 (BRASIL, 1992). A areia deve apresentar uniformidade no tamanho de partículas, capacidade de retenção de água em quantidade suficiente para suprir as sementes, bem como permitir aeração, e valor de pH igual ao recomendado para o papel (BRASIL, 1992).

A temperatura, por sua vez, influencia a porcentagem final e a velocidade de germinação, afetando tanto a absorção de água pela semente quanto as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido nesse processo. As sementes são capazes de germinar sob ampla faixa de temperatura, definida para cada espécie com uma temperatura máxima e uma mínima, acima e abaixo da qual a germinação não ocorre (BEWLEY & BLACK, 1994). A maioria das espécies tropicais apresenta bom desempenho germinativo na faixa de 20 a 30°C (BORGES & RENA, 1993), podendo

variar de acordo com as temperaturas encontradas na região de origem de cada espécie.

Existem espécies para as quais um único substrato associado a uma ou mais temperaturas foi o mais indicado para testes de germinação. Para *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson, os substratos entre areia e sobre papel foram promissores para uso no teste de germinação das suas sementes na faixa ótima de temperatura que foi de 25 a 35°C (MACHADO et al., 2002). No caso de sementes de itaubarana (*Ascomium nitens* Vog. Yakovlev), a temperatura de 30°C associada ao substrato vermiculita mostrou-se mais adequada para a germinação de sementes, pois além da alta taxa de germinação obtida (97%), a velocidade do processo germinativo ocorreu com tempo médio de aproximadamente cinco dias (VARELA et al., 2005). Sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth., por exemplo, germinaram bem sobre vermiculita em temperaturas constantes entre 20 e 30°C e sob temperaturas alternadas de 20-30 e 20-35°C (ANDRADE et al., 2006).

As espécies florestais têm a semente como principal meio de propagação. Por isso, é importante dispor de meios que avaliem a qualidade das sementes, assim como informações sobre as exigências para sua germinação no que diz respeito à influência da temperatura e substrato. As condições que as sementes encontram no solo nem sempre são as ideais para sua germinação. Fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos podem variar e interferir neste processo (BARBOSA & BARBOSA, 1985).

Apesar da importância das espécies nativas, poucos são os resultados de pesquisa sobre o processo germinativo de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de determinar a temperatura e o substrato adequados para a condução do teste de germinação de suas sementes.

## **Material e Métodos**

Sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. foram obtidas a partir da coleta de frutos em estágio uniforme de maturação visual (deiscência das vagens), provenientes

de no mínimo 15 árvores matrizes localizadas no município de Campo Grande do Piauí – PI (07° 07'54" S 41° 02'10" W), em outubro de 2006. As sementes foram enviadas ao Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal da UNESP/Jaboticabal, SP, Departamento de Produção Vegetal, onde se procedeu a limpeza do material, eliminando-se sementes mal formadas e atacadas por insetos, sendo em seguida, armazenadas em câmara fria ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  UR) até a instalação do experimento que ocorreu em maio de 2007.

As sementes, escarificadas com ácido sulfúrico durante 20 minutos, foram submetidas à germinação nas temperaturas de  $25^\circ\text{C}$ ,  $20\text{-}30^\circ\text{C}$  e  $20\text{-}35^\circ\text{C}$ , de acordo com os resultados obtidos em experimento anterior, nos substratos sobre papel (SP), entre papel (EP), sobre areia (SA), entre areia (EA), sobre vermiculita, (SV) entre vermiculita (EV) e rolo de papel (RP). Nos substratos areia, vermiculita e papel, os testes foram conduzidos em caixas de plástico transparentes e com tampa (11 x 11 x 3,5 cm) do tipo “gerbox” e para o RP, estes foram colocados no interior de sacos de plástico perfurados. No caso da areia e da vermiculita, a quantidade água para umedecer os substratos foi previamente determinada com base na capacidade de retenção e para o papel de filtro e RP foi de 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Todos os tratamentos foram conduzidos em câmara do tipo BOD, sob fotoperíodo de 8 h, com quatro repetições de 25 sementes. O número de sementes germinadas foi contado diariamente após a semeadura e se estendeu pelo período de 21 dias, quando ocorreu a estabilização da germinação. Adotaram-se como critérios para a germinação e plântulas normais, aquelas sementes que emitiram a raiz primária, apresentando curvatura geotrópica positiva e as plântulas em perfeito estado de desenvolvimento e abertura da plúmula, respectivamente. Avaliaram-se as seguintes características: Germinação (G) – correspondente à porcentagem total de sementes com emissão de raiz primária até o 21º dia após a semeadura; Plântulas normais (PN) – porcentagem de plântulas que desenvolveram suas estruturas essenciais com abertura da plúmula até 21 dias após semeadura; Índice de velocidade de germinação; (IVG) – determinado de acordo com fórmula proposta por MAGUIRE (1962); Comprimento de raiz primária (CR) e de hipocótilo (CH) – a raiz e o hipocótilo das plântulas normais foram medidos com o

auxílio de uma régua graduada em mm; Massa seca de plântulas (MS) – foi efetuada em estufa a 70 °C durante 72 h, utilizando todas as plântulas normais de cada repetição.

A análise de variância do experimento foi realizada segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 7 x 3 (sete substratos e três temperaturas), com quatro repetições de 25 sementes. Os dados de porcentagem de germinação e de plântulas normais foram transformados em  $\arcseno\sqrt{x/100}$ , em que x representa a porcentagem de germinação ou de plântulas normais, sendo o teste de Tukey utilizado para comparação entre as médias, quando houve significância pelo teste F. Para a interpretação dos resultados, os dados foram apresentados com as médias transformadas e originais.

## Resultados e Discussão

Os dados de análise de variância para as características avaliadas encontram-se na Tabela 1.

Em relação à germinação (Tabela 2) não houve efeito significativo para os fatores isolados nem para a interação substrato x temperatura, indicando que qualquer um dos substratos testados pode ser utilizado em testes de germinação de sementes de *angico-de-bezerro*, independentemente da temperatura e vice-versa. Os resultados foram considerados satisfatórios com valores acima de 90% para todos os substratos e temperaturas.

A 25 °C, a germinação de sementes de *Ascomium nitens* Vog. Yakovlev, foram superiores a 90% em todos os substratos (SA, SV e SP) avaliados por VARELA et al. (2005). ANDRADE et al. (2006) concluíram, com exceção da temperatura de 35 °C, que as temperaturas de 20 °C, 25 °C, 20-30 °C e 20-35 °C proporcionaram valores elevados de germinação em sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth., independentemente do substrato utilizado (SV, SP e RP).

Tabela 1. Análise de variância para germinação ( $G, \arccoseno\sqrt{x/100}$ ), plântulas normais (PN,  $\arccoseno\sqrt{x/100}$ ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz primária (CR, cm) e do hipocótilo (CH, cm) e massa seca (MS, g) de plântulas de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob diferentes temperaturas e substratos para germinação.

Fonte de variação	Quadrado Médio					
	G	PN	IVG	CR	CH	MS
Temperatura (T)	136,77 <sup>ns</sup>	518,52**	12,06**	4,47**	0,53**	0,0000**
Substrato (S)	57,61 <sup>ns</sup>	104,77 <sup>ns</sup>	12,82**	11,64**	2,11**	0,0000**
T X S	58,95 <sup>ns</sup>	139,59**	2,43**	0,46**	0,05*	0,0000**
Resíduo	47,98	47,32	0,56	0,14	0,02	0,0000
Média	77,80	68,75	8,15	3,96	2,72	0,0070
CV (%)	8,90	10,00	9,21	9,69	5,44	8,53

\* e \*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> – não significativo

Tabela 2. Germinação ( $\arccoseno\sqrt{x/100}$ ) de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes temperaturas e substratos.

Substrato	Média <sup>1</sup>
Sobre papel	79 a (94) <sup>2</sup>
Entre papel	80 a (95)
Sobre areia	80 a (95)
Entre areia	77 a (92)
Sobre vermiculita	76 a (94)
Entre vermiculita	74 a (92)
Rolo de papel	77 a (94)
Temperatura	
25°C	80 a (95)
20-30°C	77 a (92)
20-35°C	75 a (94)

<sup>1</sup> Médias seguidas por uma mesma letra, para cada fator, não diferem significativamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> Valores entre parênteses referem-se às médias originais.

A interação entre os fatores substrato x temperatura para a porcentagem de plântulas normais foi significativa (Tabela 1). Nas temperaturas de 25°C e 20-30°C não houve diferença significativa entre os substratos. Quando se utilizou a temperatura de 20-35°C, o RP foi o substrato que promoveu menor porcentagem de plântulas normais (66%), diferindo dos substratos EP, SA e EA. Analisando-se o efeito da temperatura em cada substrato, verificou-se que para o substrato SA, a temperatura de 20-30°C, e para o substrato RP, a temperatura de 20-35°C, proporcionaram menor porcentagem de PN,

diferindo estatisticamente das demais temperaturas. Em relação aos demais substratos, não se observou diferença estatística entre as temperaturas (Tabela 3).

Tabela 3. Plântulas normais ( $\arcseno\sqrt{x/100}$ ) obtidas de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes temperaturas e substratos para germinação.

Substrato	Temperatura			Média
	25°C	20-30°C	20-35°C	
Sobre papel	70 Aa (88) <sup>1</sup>	63 Aa (79)	64 Aab (80)	65 (82)
Entre papel	70 Aa (87)	71 Aa (86)	70 Aa (88)	70 (87)
Sobre areia	77 Aa (93)	57 Ba (71)	74 Aa (92)	69 (85)
Entre areia	78 Aa (94)	67 Aa (83)	76 Aa (92)	73 (90)
Sobre vermiculita	67 Aa (85)	64 Aa (81)	63 Aab (79)	65 (82)
Entre vermiculita	74 Aa (92)	66 Aa (84)	68 Aab (86)	70 (87)
Rolo de papel	79 Aa (89)	70 Aa (88)	54 Bb (66)	68 (81)
Média	73 (89)	65 (82)	67 (83)	

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Valores entre parênteses referem-se às médias originais.

Houve significância para a interação temperatura x substrato em relação ao IVG (Tabela 1). Na temperatura de 25°C, o substrato EV propiciou o menor valor de IVG, não diferindo do substrato SV (Tabela 4). A 20-30°C, os substratos SP e EP apresentaram os maiores valores de IVG não diferindo do RP. O substrato EP também foi eficiente em promover maior velocidade de germinação das sementes na temperatura de 20-35°C, sendo igual estatisticamente ao substrato EA. Na análise das temperaturas para cada um dos substratos, a temperatura de 20-30°C proporcionou os menores valores de IVG para a maioria dos substratos testados. O maior IVG foi alcançado no substrato EP a 20-35°C (11,11), diferindo significativamente dos obtidos nas demais temperaturas. A temperatura de 20-35°C, ao se considerar a maioria dos substratos, promoveu os maiores valores de IVG, mesmo quando não diferiu da temperatura de 25°C. Esse incremento no IVG pode ser atribuído ao efeito da temperatura elevada de 35°C que acelerou o processo de embebição e, conseqüentemente, aumentou a velocidade de germinação das sementes. Segundo

CARVALHO & NAKAGAWA (2000), a germinação será tão mais rápida e o processo mais eficiente, quanto maior for a temperatura, até certo limite.

Pode-se notar, em relação ao IVG, que os substratos de papel (SP, EP e RP), de maneira geral, proporcionaram resultados mais satisfatórios que os de areia e vermiculita. A vermiculita, seja na condição entre ou sobre, foi o substrato menos adequado na análise da velocidade de germinação das sementes, independentemente da temperatura. Esses resultados discordam dos obtidos por VARELA et al. (2005), com sementes de *Ascomium nitens* (Vog. Yakovlev) as quais, quando semeadas sobre vermiculita, apresentaram tempo menor de germinação em relação aos substratos SA e SP, na temperatura de 30 °C.

Analisando-se os dados de germinação e IVG, nota-se que houve resultados satisfatórios em mais de uma temperatura e substrato, concordando com BEWLEY & BLACK (1994) de que as espécies, geralmente, possuem uma ou mais recomendações quanto ao substrato e/ou temperatura adequados à germinação. Os resultados obtidos neste trabalho também reforçam a afirmação de que a temperatura adequada para germinação é variável com a espécie e que está relacionada com as condições de desenvolvimento da planta, influenciando na absorção de água pela semente e nas reações bioquímicas que regulam o processo de germinação e crescimento (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

Tabela 4. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes temperaturas e substratos para germinação.

Substrato	Temperatura			Média
	25°C	20-30°C	20-35°C	
Sobre papel	8,27 Aa	9,13 Aa	9,11 Abc	8,84
Entre papel	9,23 Ba	9,53 Ba	11,11 Aa	9,96
Sobre areia	8,27 Aa	6,63 Bbc	8,69 Abcd	7,86
Entre areia	8,53 Aa	6,33 Bc	9,59 Aab	8,15
Sobre vermiculita	7,76 Aab	6,45 Bbc	8,29 Abcd	7,50
Entre vermiculita	6,19 Ab	6,48 Abc	7,37 Ad	6,68
Rolo de papel	8,49 Aa	8,06 Aab	7,63 Acd	8,06
Média	8,10	7,51	8,83	

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para comprimento de raiz o substrato EV se destacou como o mais eficiente, diferindo dos demais substratos nas temperaturas de 25 e 20-30°C, sendo que na temperatura de 20-35°C não diferiu do SV. A alta capacidade de retenção de água e as condições adequadas de aeração da vermiculita aliadas as suas propriedades físico-químicas, como espessura, textura podem ter contribuído para o incremento do sistema radicular dessas plântulas em comparação com os outros substratos (Tabela 5).

A vermiculita (SV e EV) favoreceu também o CR das plântulas de *Phoenix roebelenii* O'Brien (IOSSI et al., 2003), de *Ziziphus joazeiro* Mart. (MONIZ-BRITO & AYALA-OSUÑA, 2005) e de *Celosia cristata* L. (FERREIRA et al., 2008).

Na temperatura de 20-35°C, os substratos SA e SP proporcionaram o menor CR, obtendo valores de 2,74 e 2,69, respectivamente, os quais não diferiram daqueles obtidos nos substratos RP e EP. De modo geral, essa temperatura proporcionou os menores valores de CR, e isto se deve ao efeito prejudicial da temperatura de 35°C que, mesmo fornecida por um período mais curto (8 h), afetou o crescimento da plântula, comprometendo seu sistema radicular (Tabela 5).

Dentro de cada substrato, pode-se observar que todos eles proporcionaram valores elevados de CR na temperatura de 25°C, mesmo quando esta foi igual estatisticamente às outras temperaturas. As temperaturas de 20-35°C e 20-30°C não demonstraram ser favoráveis ao crescimento das raízes, para a maioria dos substratos. O substrato SA proporcionou o menor CR (2,18 cm) na temperatura de 20-30°C, apesar de não ter diferido do resultado alcançado na temperatura de 20-35°C (Tabela 5). A areia, por apresentar menor capacidade de retenção de água e por ficar com a parte superior, geralmente, ressecada, prejudicou o crescimento das raízes, apesar do reumedecimento ao longo do experimento. O efeito prejudicial da areia no CR pode ser função, também, da maior compactação observada nesse substrato.

Tabela 5. Comprimento de raiz (cm) de plântulas obtidas de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes temperaturas e substratos para germinação.

Substrato	Temperatura			Média
	25°C	20-30°C	20-35°C	
Sobre papel	3,35 Ade	3,08 ABbc	2,69 Bc	3,04
Entre papel	4,58 Abc	4,32 Ab	3,38 Bbc	4,09
Sobre areia	3,14 Ae	2,18 Bd	2,74 ABc	2,69
Entre areia	4,24 Abc	3,70 Abc	3,79 Ab	3,91
Sobre vermiculita	5,05 Ab	4,28 Bb	4,85 ABa	4,72
Entre vermiculita	6,51 Aa	5,32 Ba	4,97 Ba	5,60
Rolo de papel	4,07 Acd	3,79 ABbc	3,26 Bbc	3,71
Média	4,42	3,81	3,67	

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O substrato EA proporcionou os maiores valores de CH em todas as temperaturas, diferindo dos demais tratamentos. Nas três temperaturas, os substratos SA e SP proporcionaram desempenho inferior, seguidos do substrato SV na temperatura de 20-35°C. O menor valor de CH (2,15 cm) obtido ocorreu no substrato SA a 20-30°C. Considerando todos os substratos, a temperatura de 25°C promoveu os maiores valores de comprimentos de hipocótilo (Tabela 6).

Tabela 6. Comprimento de hipocótilo (cm) de plântulas obtidas de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidas a diferentes temperaturas e substratos para germinação.

Substrato	Temperatura			Média
	25°C	20-30°C	20-35°C	
Sobre papel	2,55 Ac	2,34 Acd	2,37 Ac	2,42
Entre papel	2,88 Ab	2,73 ABb	2,62 Bbc	2,74
Sobre areia	2,52 Ac	2,15 Bd	2,32 ABc	2,33
Entre areia	3,89 Aa	3,56 Ba	3,37 Ba	3,60
Sobre vermiculita	2,72 Abc	2,45 Bbcd	2,42 Bc	2,53
Entre vermiculita	2,97 Ab	2,74 ABb	2,56 Bbc	2,76
Rolo de papel	2,65 Abc	2,57 Abc	2,79 Ab	2,67
Média	2,88	2,65	2,64	

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O RP e o EA proporcionaram maior massa seca de plântulas na temperatura de 25°C, porém, diferindo apenas dos substratos SA e SP. Na temperatura de 20-30°C, o

substrato SA promoveu menor massa seca, diferindo significativamente dos demais. A 20-35 °C, maior massa seca foi obtida no substrato entre areia, porém, só diferindo do substrato SA. Verificou-se que no substrato SA o menor valor de MS (0,0027 mg) foi proporcionado pela temperatura de 20-30 °C. Para os substratos EV e RP, a temperatura de 20-35 °C promoveu os menores valores de MS, diferindo da temperatura de 25 °C. Pode-se considerar, de forma geral, que o substrato EA e a temperatura de 25 °C foram as melhores condições para a produção de massa seca de plântulas (Tabela 7).

De modo geral, o substrato SA proporcionou os menores valores de IVG, CR e CH e MS quando comparado com os demais substratos. A areia, por não possibilitar uma uniformidade na retenção de água, devido à evaporação e drenagem rápida, acarreta maior dificuldade no processo de embebição contínua de água pela semente, retardando, assim, o processo germinativo (ANDRADE et al., 2000) e, conseqüentemente, reduzindo a porcentagem e a velocidade de germinação, pois a pouca absorção de água pela semente promovida pelo substrato interfere no alongamento celular (BEWLEY & BLACK, 1994). Conseqüentemente, o vigor da plântula avaliado pelo seu comprimento e massa seca também foi afetado. Entretanto, a eficiência deste substrato em testes de germinação foi relatada para várias espécies como *Hancornia speciosa* Gomes (NOGUEIRA et al., 2003), *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm (SILVA & AGUIAR, 2004), *Drymis brasiliensis* Miers. (ABREU et al., 2005) e *Solanum sessiliflorum* Dunal (LOPES & PEREIRA, 2005).

Tabela 7. Massa seca de plântulas (mg) obtidas de sementes de *Piptadenia monilliformis* Benth. submetidas a diferentes temperaturas e substratos para germinação.

Substrato	Temperatura			Média
	25 °C	20-30 °C	20-35 °C	
Sobre papel	0,0066 Ab	0,0071 Aa	0,0067 Aab	0,0068
Entre papel	0,0075 Aab	0,0075 Aa	0,0073 Aab	0,0074
Sobre areia	0,0067 Ab	0,0027 Bb	0,0062 Ab	0,0052
Entre areia	0,0082 Aa	0,0079 Aa	0,0078 Aa	0,0080
Sobre vermiculita	0,0073 Aab	0,0071 Aa	0,0068 Aab	0,0071
Entre vermiculita	0,0078 Aab	0,0070 ABa	0,0066 Bab	0,0071
Rolo de papel	0,0082 Aa	0,0072 ABa	0,0066 Bab	0,0073
Média	0,0075	0,0066	0,0069	

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

## Conclusão

A temperatura de 25°C associada aos substratos EP, EA e EV é adequada para a condução do teste de germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

## Referências

ABREU, D. C. A.; NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers., Winteraceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 149-157, 2005.

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S.; FERNANDES, M. J.; CRUZ, A. P. M.; CARVALHO, A. S. R. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dalbergia nigra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 517-523, 2006.

ANDRADE, A. C. S.; SOUZA, A. F.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, A. P. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia no desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 609-615, 2000.

BARBOSA, J. M.; BARBOSA, L. M. Avaliação dos substratos, temperatura de germinação e potencial de armazenamento de sementes de três frutíferas silvestres. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 1, p. 151-160, 1985.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Prenum Press, 1994. 445 p.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C.; FIGLIOLIA, M. B (Ed.). **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES. 1993. p.83-136.

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

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

FERREIRA, E. G. B. S.; MATOS, V. P.; SENA, L. H. M.; SALES, A. G. F. A. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de crista-de-galo em diferentes substratos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 241-244, 2008.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Considerações práticas sobre o teste de germinação. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord). **Manual Técnico de Sementes Florestais**. 1995. p. 45-60 (IF Série Registros, n.14).

FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B., PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed) **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

IOSSI, E.; SADER, R.; PIVETTA, K. F. L.; BARBOSA, J. C. Efeitos de substratos e temperaturas na germinação de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 2, p. 63-69, 2003.

LACERDA, M. R. B.; BARBOSA, M. D.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; GOMES, R. V.; MATOS, V. P.; SILVA, T. C.; BARBOSA, U. N. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) em diferentes substratos em condições de viveiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRPE, 4., 2003, Recife. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2003. CD Rom.

LIMA, M. L. S.; SOUZA, B. S.; OLIVEIRA, A. M.; TORRES, S. B. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de alfavaca (*Ocimum basilicum* L.). **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 31-33, 2007.

LOPES, J. C.; PEREIRA, M. D. Germinação de sementes de cubiu em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p.146-150, 2005.

MACHADO, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; DAVIDE, A. C.; GUIMARÃES, R. M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 17-25, 2002.

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

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4. ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 210 p.

MONIZ-BRITO, K. L.; AYALA-OSUÑA, J. T. Influência de diferentes substratos na germinação de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart., Rhamnaceae. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 5, n. 2, p. 63-67, 2005.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 15-18, 2003.

PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; PINTO, K. S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 359-367, 2006.

SILVA, L. M.; AGUIAR, I. B. Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K.Hoffm (faveleira). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 9-14, 2004.

VARELA, V. P.; COSTA, S. S.; RAMOS, M. B. P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Ascomium nitens* (Vog. Yakovlev) – Leguminosae, Caesalpinoideae. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 35-39, 2005.

VIU, A. F. M.; COSTA, E. A.; VIU, M. A. O.; SILVA, J. F.; CAMPOS, L. Z. O. Avaliação do efeito de diferentes substratos sobre a germinação e o crescimento de plântulas de *Brosimum gaudichaudii* Trec. (mama-cadela). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 960-962, 2007.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

## **CAPITULO 4 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE *Piptadenia moniliformis* Benth. PELO TESTE DE TETRAZÓLIO**

**RESUMO** - O angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis* Benth.) é considerada uma espécie florestal de alto valor apícola, indicada para recuperação de solos, recomposição florestal, além de fornecer madeira para pequenas obras de construção civil, forragem para bovinos e ovinos e produzir sementes em abundância. Apesar do aumento considerável de estudos voltados para espécies florestais nativas, ainda existe lacunas no que se refere à qualidade fisiológica de sementes. Assim, o objetivo deste trabalho foi adequar a metodologia do teste de tetrazólio para a avaliação da viabilidade de sementes de angico-de-bezerro. Foram utilizados quatro lotes de sementes, previamente submetidos à escarificação em ácido sulfúrico durante 30 minutos. As sementes foram colocadas para embeber entre papel toalha, em germinador a 25°C durante 24 h. Após esse período, com o auxílio de uma lâmina, o tegumento das sementes foi retirado, fazendo-se um corte superficial na extremidade oposta à micrópila. Foram testadas três concentrações do sal de tetrazólio (0,05, 0,075 e 0,1%) por períodos de coloração de 2, 3 e 4 h à temperatura de 35°C no escuro, utilizando quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. Os embriões, com base na coloração, foram classificados quanto à sua viabilidade. O teste de tetrazólio conduzido com embebição das sementes por 24 h a 25°C entre papel toalha, seguido de retirada do tegumento das sementes e desenvolvimento de coloração por quatro horas em solução com concentração de 0,075% sob a temperatura de 35°C é eficiente para avaliar a viabilidade das sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

**Palavras-Chave:** espécie florestal, viabilidade, testes rápidos.

## Introdução

A avaliação da qualidade das sementes por meio de testes rápidos que proporcionem resultados reproduzíveis tem sido uma busca constante dos tecnologistas de sementes (MARCOS FILHO, 2005), o que pode auxiliar na tomada de decisões quanto ao uso ou descarte de lotes, principalmente para aquelas espécies que demandam longo período para a germinação (AÑEZ et al., 2007). Um destes testes que vem sendo utilizado é o tetrazólio com esta finalidade (VIEIRA & CARVALHO, 1994).

O teste de tetrazólio baseia-se na alteração de coloração de tecidos vivos em presença da solução do sal 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio. A alteração na coloração reflete a atividade das enzimas desidrogenases envolvidas na atividade respiratória. Estas enzimas, particularmente, a malato desidrogenase, catalisam a reação dos íons hidrogênio ( $H^+$ ), liberados pela reação dos tecidos vivos com o referido sal, formando uma substância de cor vermelha, estável e não difusível, denominada trifenilformazan. Quando o sal de tetrazólio é reduzido, formando o composto vermelho, significa que houve atividade respiratória nas mitocôndrias e, portanto, há viabilidade celular e do tecido. Os tecidos não viáveis não reagem e, conseqüentemente, não colorem. O tecido morto, geralmente, é caracterizado pela coloração branca ou amarela e textura flácida (FRANÇA-NETO, 1999). A formação de um vermelho carmim claro indica tecido vigoroso e um vermelho carmim intenso revela o tecido em deterioração (ROVERSI & THEISEN, 2005).

Segundo AMARAL (1986), a velocidade de reação do sal de tetrazólio é afetada por vários fatores como tratamento prévio das sementes (umedecimento), temperatura, pH, concentração da solução e período de imersão das sementes em solução.

A eficiência do teste para avaliação da viabilidade das sementes depende da determinação para cada espécie, de condições adequadas para a hidratação, preparo, coloração e avaliação das sementes (PINTO et al., 2008). Os tratamentos de pré-condicionamento mais utilizados em sementes de espécies florestais são a embebição em água (SILVA & AGUIAR, 1998; NASCIMENTO & CARVALHO, 1998; MENDONÇA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2005b; PINTO et al., 2008) e a embebição entre papel

(MENDONÇA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2005a; FOGAÇA et al., 2006; PINTO et al., 2008). Além do pré-condicionamento, a concentração da solução sal de tetrazólio, a temperatura e o tempo de condicionamento e a avaliação adequada de coloração das sementes são fundamentais para que se obtenham resultados confiáveis sobre a qualidade das sementes.

A temperatura de 40°C e a coloração por duas e quatro horas na concentração de 0,25% da solução de tetrazólio foram eficientes para avaliação da viabilidade das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudl (MENDONÇA et al., 2001). A concentração de 0,075% a 30°C foi eficiente para avaliar o vigor e a viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. e de *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., por 5 e 7 h, respectivamente (FERREIRA et al., 2004). Para sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert a concentração de 0,1% por 2,5 h a 25°C permitiu avaliar a qualidade dos lotes de sementes dessa espécie (OLIVEIRA et al., 2005b).

O teste de tetrazólio é relativamente pouco utilizado em sementes de espécies frutíferas e florestais, embora seja promissor para o uso rotineiro em laboratório, uma vez que muitas das espécies necessitam de períodos longos para germinar (PIÑA-RODRIGUES & SANTOS, 1988). É uma alternativa viável para fornecer informações aos agricultores e/ou viveiristas, pois, como determina rapidamente a viabilidade das sementes em poucas horas, esses se beneficiam das informações fornecidas pelo teste, podendo tomar decisões quanto ao desempenho do lote para produção das mudas.

Embora o teste de tetrazólio possa fornecer informações rápidas e precisas quanto à viabilidade e ao vigor de sementes, apresenta como entrave à sua ampla difusão e adoção a necessidade de profissional qualificado para a avaliação e interpretação do padrão de coloração das sementes. A interpretação do teste ficará prejudicada se o analista não tiver habilidade, paciência e experiência na identificação dos tecidos vivos e deteriorados.

Apesar do aumento considerável de estudos voltados para espécies florestais nativas, ainda existem lacunas no que se refere à qualidade fisiológica de sementes,

principal meio de propagação das espécies e que por tal razão, merece ser objeto de pesquisa. Assim, neste trabalho buscou-se adequar a metodologia do teste de tetrazólio para a avaliação da viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

## Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal da UNESP/Jaboticabal - SP. As sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. foram coletadas de no mínimo 15 árvores matrizes localizadas no município de Campo Grande do Piauí – PI.

Foram utilizados quatro lotes de sementes: lote 1 (coloração escura) e lote 2 (coloração clara) - sementes colhidas em outubro de 2006 que permaneceram armazenadas em câmara fria ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  UR) por dois anos; lote 3 (coloração não definida) - sementes colhidas no ano de 2006 armazenadas por um ano em recipiente de plástico sob as condições ambientais do município de procedência das sementes e só encaminhado ao laboratório da UNESP em novembro de 2007, ficando armazenadas em câmara fria por mais uma ano; Lote 4 (coloração vermelha) - sementes colhidas em novembro de 2007 armazenadas em câmara fria por um ano. Antes da condução do teste, as sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico concentrado durante 30 minutos, por apresentarem dormência mais profunda, lavadas em água corrente por cinco minutos e colocadas sobre folhas de papel toalha por três dias para secagem e homogeneização do teor de água.

A partir dos resultados obtidos em testes preliminares relacionados à hidratação, ao preparo das sementes e a períodos de coloração, as sementes foram colocadas para embeber entre papel toalha, em germinador a  $25^\circ\text{C}$  durante 24 h. Após esse período, com o auxílio de uma lâmina (Figura 1A, 1B), o tegumento das sementes foi retirado (Figura 1C) fazendo-se um corte superficial na extremidade oposta à micrópila. Foram testadas três concentrações do sal 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio (0,05, 0,075 e 0,1%) por períodos de coloração de 2, 3 e 4 h à temperatura de  $35^\circ\text{C}$  no escuro. Após

esse período, os embriões foram lavados em água corrente e mantidos em água à temperatura ambiente (25°C) até a avaliação por um período de aproximadamente 50 minutos. Por ocasião da avaliação, os cotilédones foram separados, sendo examinada apenas o que continha o eixo embrionário. A partir da extensão e da intensidade da coloração e da presença de áreas brancas leitosas em relação às áreas essenciais ao desenvolvimento, os embriões foram individualmente classificados em viáveis ou inviáveis de acordo com padrões indicados por MOORE (1972).

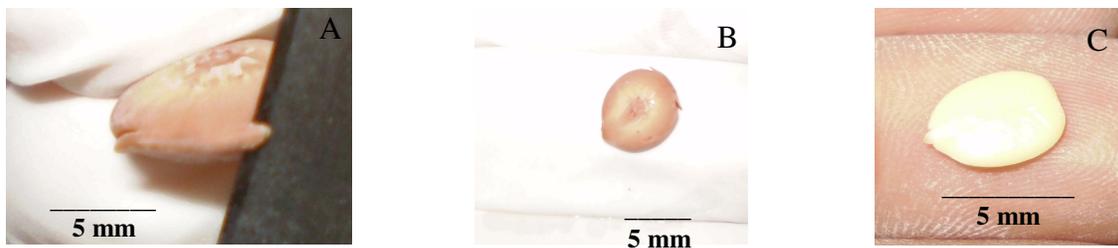


Figura 1. Representação do corte transversal realizado no tegumento da semente de *Piptadenia moniliformis* Benth. na região oposta a micrópila (A e B), e da semente sem tegumento (C).

Paralelamente, foi conduzido um teste de germinação, para comparação dos resultados com as estimativas de viabilidade obtidas com o teste de tetrazólio. O teste de germinação foi conduzido em caixas transparentes de plástico (gerbox), entre folhas de papel de filtro, com duas folhas na base e uma sobre as sementes, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato não hidratado à temperatura de 25°C, com fotoperíodo de 8 h. O critério utilizado para a germinação das sementes foi o desenvolvimento de plântulas normais, considerando aquelas que apresentavam todas as suas estruturas essenciais de acordo com BRASIL (1992).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado seguindo um esquema fatorial  $3 \times 3 + 1$  (3 concentrações da solução de tetrazólio  $\times$  3 períodos de coloração + 1 testemunha – teste de germinação) para cada lote. Os dados, por não apresentarem

distribuição normal, foram transformados em  $\arcseno\sqrt{x/100}$ , em que x representa a porcentagem de germinação ou de sementes viáveis. As médias de sementes viáveis obtidas pelo teste de tetrazólio foram comparadas pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ) e a comparação entre as médias de sementes viáveis para cada uma das combinações no teste de tetrazólio com os resultados do teste de germinação foi realizada pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

Os dados da análise de variância (quadrados médios) estão apresentados na Tabela 1, verificando-se efeito significativo a 1% de probabilidade para os fatores concentração da solução de tetrazólio e período de coloração, bem como da sua interação, com exceção dos lotes 1 e 4. Outrossim, houve diferença significativa entre as estimativas de viabilidade das sementes obtidas pelo teste de tetrazólio e os resultados do teste de germinação, conforme pode ser observado pela significância do contraste testemunha vs fatorial.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., pertencentes a quatro lotes, submetidos a diferentes concentrações (0,1%, 0,075% e 0,05%) e períodos de coloração (2, 3 e 4 h) pelo teste de tetrazólio e ao teste de germinação. (Dados transformados em  $\arcseno\sqrt{x/100}$ ).

Fonte de variação	Quadrado Médio			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Tratamentos	2280,81**	2094,59**	854,71**	1454,61**
Testemunha vs Fatorial	4375,78**	4310,51**	903,44**	1973,36**
Concentração da solução de tetrazólio (C)	174,94**	1046,79**	358,57**	1134,92**
Período de coloração (P)	7860,03**	5475,49**	2806,26**	4342,09**
C x P	20,41 <sup>ns</sup>	374,07**	114,82**	41,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	20,46	33,19	18,75	38,07
Média	44,6	39,5	41,9	55,4
Coeficiente de variação (%)	10,13	14,57	10,31	11,14

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Nas Tabelas 2 a 5 são apresentadas as comparações de médias entre os tratamentos avaliados para cada lote estudado. Para o lote 1, a estimativa da viabilidade das sementes foi maior à medida em que aumentou o período de coloração das sementes e a concentração da solução de tetrazólio, embora sem diferença significativa entre as concentrações de 0,1 e 0,075% (Tabela 2).

Tabela 2. Médias ( $\arcseno\sqrt{x/100}$ ) de viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. pertencentes ao lote 1, obtidas a partir do teste de tetrazólio conduzido em diferentes concentrações e períodos de coloração das sementes e no teste de germinação.

Período (h)	Concentração (%)			Média
	0,1	0,075	0,05	
2	25,47 y (19) <sup>1</sup>	27,11 y (21)	17,95 y (10)	23,51 c (17)
3	31,26 y (27)	29,29 y (24)	27,76 y (22)	29,44 b (24)
4	74,09 x (92)	72,87 x (91)	64,54 y (81)	70,50 a (88)
Média	43,61 A (46)	43,09 A (45)	36,75 B (38)	

Germinação = 76,01 x (94)

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (A, B) na linha e minúscula (a, b, c) na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas por uma mesma letra (x, y), entre germinação (testemunha – teste de germinação) e viabilidade obtida no teste de tetrazólio, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

<sup>1</sup> Valores entre parênteses referem-se as médias originais.

Observou-se, ainda, que as estimativas de viabilidade das sementes não diferiram estatisticamente dos resultados do teste de germinação (testemunha - 76,01), nas concentrações de 0,075 (72,87) e 0,1% (74,09) no período de quatro horas.

Quanto ao lote 2 (Tabela 3) foram significativos a interação concentrações da solução de tetrazólio (C) e períodos de coloração das sementes (P) e o contraste entre os tratamentos do teste de tetrazólio e o teste de germinação. No primeiro caso, o período de quatro horas em todas as concentrações proporcionou maiores estimativas de viabilidade das sementes em relação aos demais períodos, entretanto, os valores mais elevados foram registrados nas concentrações de 0,1 e 0,075%. O período de quatro horas nas concentrações de 0,1 (69,95) e 0,075% (73,35) foi favorável à avaliação da qualidade das sementes, proporcionando estimativas iguais estatisticamente aos resultados do teste de germinação (testemunha - 70,69).

Em relação ao lote 3 (Tabela 4) a interação C x P e o contraste testemunha vs fatorial foram significativos. O período de quatro horas de coloração proporcionou as maiores estimativas de viabilidade, independentemente da concentração da solução de tetrazólio, exceto a 0,05% cuja estimativa não diferiu do período de 3 h de coloração. As estimativas de viabilidade foram diferenciadas entre as concentrações, para cada período de coloração. As estimativas de viabilidade obtidas com quatro horas de coloração nas concentrações de 0,075 (55,63) e 0,05% (48,47) não diferiram dos resultados do teste de germinação (testemunha – 56,24). Dentre os lotes testados, este foi o que propiciou os menores valores de viabilidade, como também os menores valores de germinação. Foi constatado também que a maior quantidade de sementes deterioradas foi encontrada neste lote. Como este ficou armazenado por um ano sob as condições ambientais da região de origem (Campo Grande do Piauí - PI), cujo clima é considerado bastante quente, possivelmente, isso contribuiu para a redução de sua qualidade fisiológica.

Tabela 3. Médias ( $\arccoseno\sqrt{x/100}$ ) de viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. pertencentes ao lote 2, obtidas a partir do teste de tetrazólio conduzido em diferentes concentrações e períodos de coloração das sementes e no teste de germinação.

Período (h)	Concentração (%)			Média
	0,1	0,075	0,05	
2	24,11 cAy (17) <sup>†</sup>	23,49 bABy (16)	13,98 cBy (6)	20,53 (13)
3	34,27 bAy (32)	23,36 bBy (16)	24,24 bABy (17)	27,29 (22)
4	69,95 aAx (87)	73,35 aAx (89)	35,03 aBy (38)	60,44 (71)
Média	42,78 (45)	40,07 (40)	25,42 (20)	
Germinação = 70,69 x (89)				

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (A, B) na linha e minúscula (a, b, c) na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas por uma mesma letra (x, y), entre germinação (testemunha – teste de germinação) e viabilidade obtida no teste de tetrazólio, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

<sup>†</sup> Valores entre parênteses referem-se as médias originais.

Tabela 4. Médias ( $\arcseno\sqrt{x/100}$ ) de viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. pertencentes ao lote 3, obtidas a partir do teste de tetrazólio conduzido em diferentes concentrações e períodos de coloração das sementes e no teste de germinação.

Período (h)	Concentração (%)			Média
	0,1	0,075	0,05	
2	31,89 cAy (28) <sup>1</sup>	26,91 bAy (21)	19,31 bBy (11)	26,03 (20)
3	42,69 bAy (46)	31,87 bBy (28)	41,52 aAy (44)	38,69 (39)
4	65,33 aAy (82)	55,63 aBx (68)	48,47 aBx (56)	56,48 (69)
Média	46,63 (52)	38,14 (39)	36,43 (37)	
Germinação = 56,24 x (69)				

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (A, B) na linha e minúscula (a, b, c) na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas por uma mesma letra (x, y), entre germinação (testemunha – teste de germinação) e viabilidade obtida no teste de tetrazólio, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

<sup>1</sup> Valores entre parênteses referem-se as médias originais.

Tais constatações reforçam as afirmações de OLIVEIRA et al. (2005b), de que o uso de lotes com diferentes qualidade fisiológicas para o estudo de metodologia de um determinado teste é de fundamental importância devido às diferentes respostas encontradas entre lotes para um mesmo tratamento.

Para o lote 4, os resultados obtidos quanto ao teste de tetrazólio foram semelhantes aos do lote 1, em que com o aumento do período de coloração ou da concentração da solução de tetrazólio, houve incremento nas estimativas de viabilidade das sementes, porém sem diferença estatística entre as concentrações 0,1 e 0,075%. A viabilidade das sementes obtida com três (66,72) e quatro horas (72,87) de coloração na concentração de 0,1% e com quatro horas (75,06) na concentração de 0,075% não diferiu dos resultados obtidos no teste de germinação (76,49). Em relação às outras combinações de períodos e concentrações houve diferença significativa entre estas e a testemunha, pelo não desenvolvimento de coloração adequada, havendo uma subestimativa da viabilidade das sementes desse lote, indicando que tais combinações não foram favoráveis à avaliação da viabilidade de sementes de angico-de-bezerro (Tabela 5).

Tabela 5. Médias ( $\arccos(\sqrt{x/100})$ ) de viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. pertencentes ao lote 4, obtidas a partir do teste de tetrazólio conduzido em diferentes concentrações e períodos de coloração das sementes e no teste de germinação.

Período (h)	Concentração (%)			Média
	0,1	0,075	0,05	
2	35,56 y (34) <sup>1</sup>	39,76 y (41)	19,18 y (11)	31,50 c (29)
3	66,72 x (84)	62,14 y (78)	52,01 y (62)	60,29 b (75)
4	72,87 x (91)	75,06 x (93)	54,36 y (66)	67,43 a (83)
Média	58,38 A (70)	58,98 A (71)	41,84 B (46)	
Germinação = 76,49 x (90)				

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (A, B) na linha e minúscula (a, b, c) na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas por uma mesma letra (x, y), entre germinação (testemunha – teste de germinação) e viabilidade obtida no teste de tetrazólio, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

<sup>1</sup> Valores entre parênteses referem-se as médias originais.

Exemplos do padrão de coloração das sementes obtidos podem ser visualizados nas Figuras 2 a 6. Com exceção do lote 3, em que a concentração de 0,05% por três e quatro horas de coloração foi eficiente em avaliar a qualidade das sementes de angico-de-bezerro, nos demais lotes, essa concentração, independentemente do período, não foi favorável, pelo fato de não ter promovido uma coloração uniforme e adequada que pudesse distinguir tecidos vivos de tecidos mortos ou deteriorados (Figura 2). Por ser uma concentração mais fraca e, mesmo considerando o período de quatro horas, foi ineficiente em detectar sinais de deterioração ou tecido morto na maioria dos lotes (Figura 6B). Portanto, é uma concentração que, diante dos períodos testados neste trabalho, não deve ser recomendada em teste de tetrazólio em sementes desta espécie. Por outro lado, as concentrações de 0,075% e 0,1%, no período de quatro horas de coloração, podem ser usadas para avaliar a viabilidade de sementes de angico-de-bezerro (Figuras 3 e 4), porque promoveram coloração nítida dos embriões, facilitando a análise visual da viabilidade (Figura 6A). Além disto, permitiram identificar lesões em áreas vitais (Figura 5A e 5B) do embrião, como no eixo hipocótilo-radícula e também em toda a área cotiledonar juntamente com o eixo embrionário, demonstrando a inviabilidade da semente. Quando da ocorrência dessas lesões, a coloração carmim

intensa promovida por essas concentrações possibilitou perfeita identificação das áreas atingidas pela deterioração, facilitando a avaliação das sementes quanto à sua viabilidade.

Deve-se ressaltar, contudo, que o período de quatro horas de coloração associado à concentração de 0,1% da solução de tetrazólio superestimou a viabilidade das sementes do lote 3, quando comparado ao resultado obtido no teste padrão de germinação (Tabela 4).

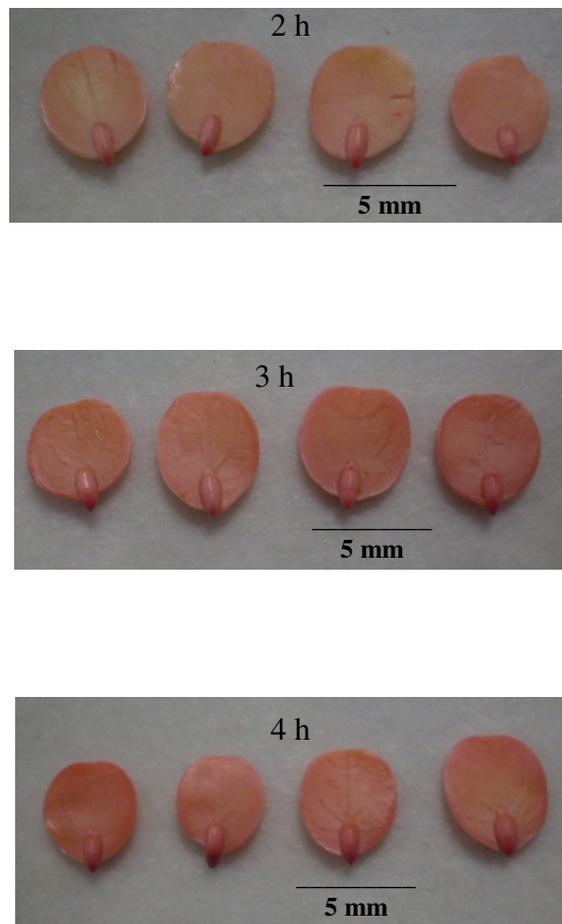


Figura 2. Embriões viáveis de *Piptadenia moniliformis* Benth. avaliados pelo teste de tetrazólio a 0,05 %, por 2, 3 e 4 h de coloração sob a temperatura de 35°C.

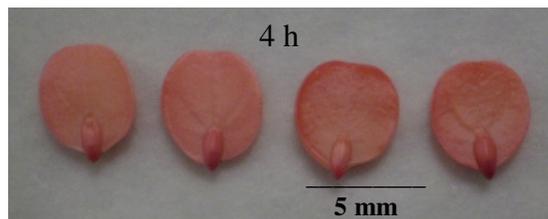
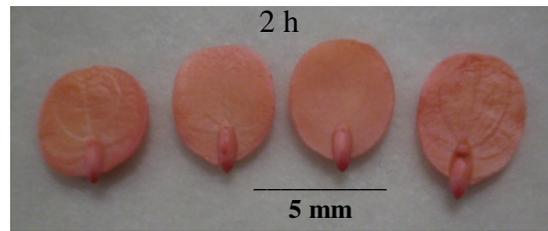


Figura 3. Embriões viáveis de *Piptadenia moniliformis* Benth. avaliados pelo teste de tetrazólio a 0,075 %, por 2, 3 e 4 h de coloração sob a temperatura de 35°C.

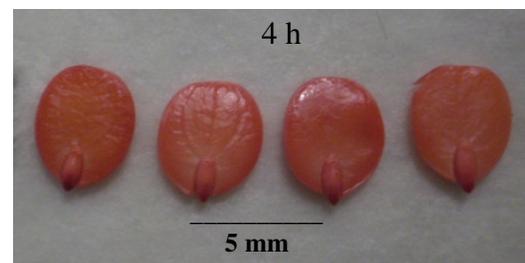
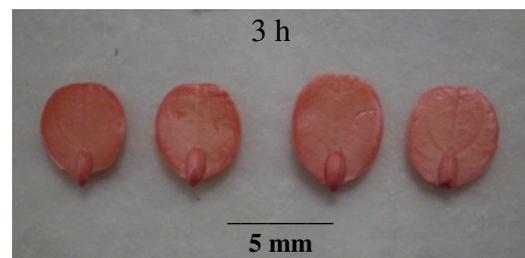
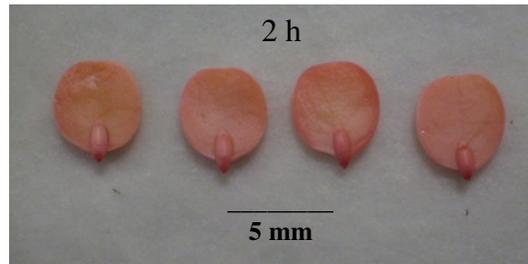


Figura 4. Embriões viáveis de *Piptadenia moniliformis* Benth. avaliados pelo teste de tetrazólio a 0,1 %, por 2, 3 e 4 h de coloração sob a temperatura de 35°C.



Figura 5. Embriões inviáveis (A e B) de *Piptadenia moniliformis* Benth. encontrados no teste de tetrazólio sob a temperatura de 35°C.

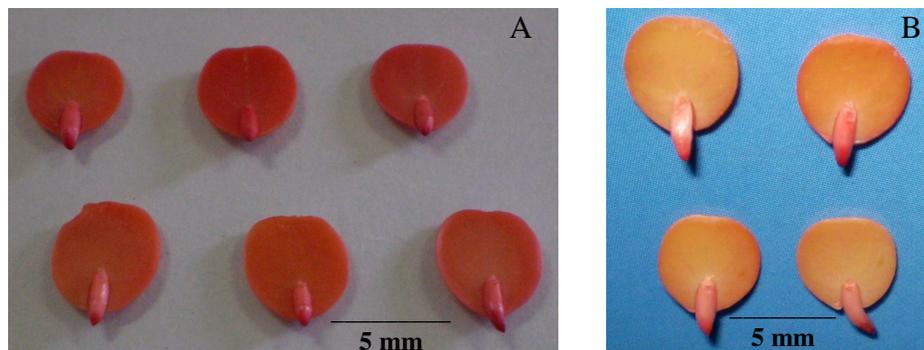


Figura 6. Coloração adequada (A) e inadequada (B) de embriões de *Piptadenia moniliformis* Benth. pelo teste de tetrazólio sob a temperatura de 35°C.

A escolha da metodologia adequada para o teste de tetrazólio deve se basear na facilidade para a diferenciação de tecidos viáveis e inviáveis e na capacidade de diferenciar lotes com qualidades fisiológicas distintas (KRZYZANOWSKI et al., 1999). SANTOS et al. (2006) não encontraram diferença na estimativa da viabilidade entre os três lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs, pelo teste de tetrazólio. Observaram, também, que os três lotes não diferiram entre si quanto à porcentagem de germinação e que esta foi igual à viabilidade estimada pelo teste de tetrazólio.

Para efeito de comparação, a viabilidade das sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn e *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., podem ser avaliadas pelo teste de tetrazólio a 0,075% a 30°C, por 5 e 7 h, respectivamente (FERREIRA et al. 2004). AÑEZ et al. (2007), visando padronizar a metodologia do teste de tetrazólio para sementes de *Jatropha elliptica* M. Arg. (espécie medicinal), encontraram resultados adequados com a concentração de 0,1% pelos períodos de 3 e 5 h, independentemente da temperatura testada.

Segundo FOGAÇA et al. (2006), a viabilidade de sementes de *Gleditschia amorphoides* Taub. pode ser avaliada pelo teste de tetrazólio, com embebição das sementes por 48 h e desenvolvimento de coloração em solução na concentração de 0,075% por um período de três horas, a 35°C. A concentração de 0,1% durante 2,5 h a 25°C permitiu avaliar a qualidade de lotes de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (OLIVEIRA et al., 2005b). Em sementes de *Poecilanthe paviflora* Benth. foi registrado que a concentração ideal é 0,075% durante três h a 40°C (PINTO et al. 2008). Constatase, portanto, que para cada espécie, seja florestal, ornamental, medicinal ou agrícola, há variações quanto ao procedimento para padronização do teste de tetrazólio.

Um aspecto a ser salientado refere-se à comparação entre o teste de germinação e o de tetrazólio. PIÑA-RODRIGUES & SANTOS (1988) comentam que há uma tendência de o teste de tetrazólio superestimar a viabilidade das sementes comparativamente aos resultados do teste de germinação, em virtude de não se verificar no teste de tetrazólio a presença de fungos e nem a ocorrência de sementes

dormentes. Segundo CATIE (2000) citado por OLIVEIRA et al. (2005a), a discrepância pode ocorrer porque, no teste de tetrazólio, somente o embrião é avaliado, não considerando a influência das estruturas externas das sementes nos resultados do teste de germinação, devido a possíveis infestações com patógenos no lote. Desta forma, nem todas as anormalidades encontradas nas plântulas podem ser observadas nos embriões e, como consequência, o teste de tetrazólio pode superestimar os resultados em relação ao teste de germinação.

No caso das sementes desta espécie, com exceção do lote 3 na concentração de 0,1% no período de quatro horas, não se verificou discrepância entre os dois resultados, no sentido de superestimativa pelo teste de tetrazólio.

Segundo FERREIRA et al. (2004), os resultados de viabilidade através do teste de germinação e tetrazólio devem ser semelhantes, permitindo diferenças de até 5% entre ambos. Caso contrário, ocorrendo diferença superior a este valor, as razões podem ser devido a amostragem, presença de sementes dormentes na amostra, presença de elevado número de sementes com danos mecânicos e presença de fungos (FRANÇA-NETO, 1999).

Segundo SANTOS et al. (2006), a importância do teste de tetrazólio, como instrumento de avaliação da viabilidade das sementes, deve-se à rapidez na obtenção dos seus resultados que podem ser úteis nas áreas de comercialização, beneficiamento, armazenamento e produção de mudas, sem que isto signifique o comprometimento do teste de germinação que funciona como um teste de balizamento ou referência.

## **Conclusão**

O teste de tetrazólio conduzido com embebição das sementes por 24 h a 25°C entre papel toalha, seguido de retirada do tegumento das sementes e desenvolvimento de coloração por quatro horas em solução com concentração de 0,075% sob a temperatura de 35°C é eficiente para avaliar a viabilidade das sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.

## Referências

AMARAL, D. M. I. Padronização de testes em laboratório com sementes florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, I., Belo Horizonte-MG, 1984. **Anais...** Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1986. p. 267-283.

AÑEZ, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; MENDONÇA, E. A. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Padronização da metodologia do teste de tetrazólio para sementes de *Jatropha elliptica* M. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 82-88, 2007.

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

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; MOTTA, M. S. Vigor e viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. e *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., num banco de sementes em solo de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 24-31, 2004.

FOGAÇA, C. A.; MALAVASI, M. M.; ZUCARELI, C.; MALAVASI, U. C. Aplicação do teste de tetrazólio em sementes de *Gleditschia amorphoides* Taub. Caesalpinaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 101-107, 2006.

FRANCA-NETO, J. B. Testes de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-7.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANCA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-8.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p. il.

MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; PAULA, R. C. Viabilidade de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudl (louro-pardo) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 64-71, 2001.

MOORE, R. P. Interpretation of color differences in tetrazolium testing. **Seed Technologist News**, Zurich, v. 44, n. 3, p. 22-44, 1972.

NASCIMENTO, W. M. O.; CARVALHO, N. M. Determinação da viabilidade de sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.) através do teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 231-235, 1998.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; NERY, M. C. Teste de tetrazólio e sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius ex A.P.de Candolle) Standley – Bignoniaceae. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 169-174, 2005a.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Leguminosae Caesalpinoideae. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2005b.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; SANTOS, N. R. F. Teste de tetrazólio. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 91-100.

PINTO, T. L. F.; BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; CICERO, S. M. Avaliação da viabilidade de sementes de coração-de-negro (*Poecilanthe parviflora* BENTH. – Fabaceae-Faboideae) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 1, p. 208-214, 2008.

ROVERSI, T.; THEISEN, G. Teste de tetrazólio. **Informativo Fundacep**, Cruz Alta, v. 12, n. 1, p. 1-2, 2005.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C.; FOGAÇA, C. A.; MÔRO, F. V.; COSTA, R. S. Viabilidade de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilho) – Euphorbiaceae – pelo teste de tetrazólio. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 39-45, 2006.

SILVA, A.; AGUIAR, I. B. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez-Lauraceae) pela cultura *in vitro* de eixos embrionários e pelo teste de tetrazólio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 197-205, 1998.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 164 p.

## **CAPITULO 5 – ENVELHECIMENTO ACELERADO EM SEMENTES DE *Piptadenia moniliformis* Benth.**

**RESUMO** – Dentre os diferentes testes de vigor, o de envelhecimento acelerado (EA) é um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do vigor de sementes de diversas espécies. Este trabalho teve como objetivo determinar o período adequado de exposição de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. ao teste de envelhecimento acelerado a 45°C para avaliação do vigor de sementes classificadas quanto à coloração e tamanho. Dez sub-lotes foram obtidos pela separação das sementes em duas colorações do tegumento (clara e escura) e cinco classes de tamanho, correspondentes às sementes retidas em peneiras de crivo redondo 11, 12, 13, 14 e 15. Antes da realização do teste de envelhecimento acelerado, as sementes foram imersas em ácido sulfúrico concentrado durante 20 min, visando superar a dormência por impermeabilidade do tegumento à água. Testaram-se seis períodos de envelhecimento (0, 24, 48, 72, 96 e 120 h) para cada sub-lote, na temperatura de 45°C. O teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45°C durante 72 h é adequado para avaliar a qualidade de sementes de *P. moniliformis* Benth., independentemente da coloração e/ou tamanho das sementes.

**Palavras-Chave:** angico-de-bezerro, espécie melífera, vigor, coloração, tamanho.

### **Introdução**

O teste de germinação é o mais usado para avaliar a qualidade das sementes em laboratório, porém, apresenta limitações, pois permite que as sementes expressem sua máxima germinação, por ser conduzido sob condições favoráveis. Assim, produtores de sementes, agricultores, pesquisadores e tecnologistas de sementes não têm se mostrado completamente satisfeitos por considerarem que o teste de germinação superestima a qualidade fisiológica das sementes, uma vez que no campo

nem sempre é possível reproduzir ou encontrar condições semelhantes às condições de laboratório (BIRUEL, 2006). Diante disso, a pesquisa tem se voltado, nas últimas décadas, à procura de informações sobre a real qualidade de um lote tendo em vista que um dos objetivos dos testes de vigor é fornecer informações a respeito da capacidade de um ou mais lotes sobressaírem-se no campo, quando submetidos às condições adversas. Assim, os testes de vigor, por simularem condições ambientais desfavoráveis (umidade e temperatura elevadas, temperatura baixa, déficit hídrico) podem ser capazes de identificar os lotes com melhor comportamento no campo.

O vigor das sementes é definido pela AOSA (1983) como uma das propriedades das sementes que determina seu potencial para uma emergência rápida e uniforme com o desenvolvimento de plântulas normais em uma ampla faixa de condições ambientais.

Os métodos de avaliação do vigor podem ser classificados em diretos, quando realizados no campo ou em condições de laboratório que simulem fatores adversos de campo, ou indiretos, quando realizados em laboratório, mas avaliando as características físicas, fisiológicas e bioquímicas que expressam a qualidade da semente (PIÑA-RODRIGUES et al., 2004).

Dentre os diferentes testes de vigor, o de envelhecimento acelerado (EA) é um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do vigor de sementes de diversas espécies. É um teste que tem como princípio promover uma rápida deterioração das sementes quando expostas às condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar, principais fatores envolvidos no processo, gerando uma alta taxa de respiração e consumo de suas reservas e acelerando os processos metabólicos que levam à sua deterioração (PIÑA-RODRIGUES et al., 2004; MARCOS FILHO, 2005). Portanto, nessas condições, os processos de deterioração são semelhantes àqueles que ocorrem naturalmente por ocasião do envelhecimento natural das sementes, porém de forma mais rápida (DELOUCHE & BASKIN, 1973; TEKRONY, 1993).

Neste teste, as sementes menos vigorosas apresentam acentuada queda na sua viabilidade, enquanto que as sementes de vigor mais elevado mantêm a capacidade de produzir plântulas normais e maior viabilidade (MARCOS FILHO, 2005).

Vários fatores inerentes à própria semente, como o tamanho, teor de água inicial, idade e maturação, e outros não relacionados às sementes, como a manutenção da temperatura sem oscilações e a não sobreposição das sementes sobre a tela em que as sementes são acomodadas no recipiente durante o envelhecimento, podem interferir nos resultados do teste de EA (AOSA, 1983; MARCOS FILHO, 2005).

Pela facilidade de aplicação e interpretação de seus resultados, vários pesquisadores envolvidos com a área de sementes florestais vêm adotando esse teste com frequência e obtendo bons resultados, a exemplo dos trabalhos com *Chorisia speciosa* St. Hil. (FERREIRA et al., 2004), *Copaifera langsdorffii* Desf. (FANTI & PEREZ, 2005), *Pterogyne nitens* Tull. (TONIN et al., 2005) e *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (SANTOS & PAULA, 2007).

Face à inexistência de estudos voltados para a qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., este trabalho teve como objetivo determinar o período adequado de exposição das sementes ao teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45°C, para avaliação do vigor de sementes classificadas quanto à coloração e tamanho.

## **Material e Métodos**

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal da UNESP/Jaboticabal - SP. As sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (angico-de-bezerro) foram coletadas de no mínimo 15 árvores matrizes localizadas no município de Campo Grande do Piauí – PI.

Foi utilizado o lote de sementes colhido em setembro de 2006 e enviado à UNESP/Jaboticabal, permanecendo armazenado em embalagens de plástico em câmara fria ( $8 \pm 2$  °C,  $60 \pm 5\%$  UR), até a condução deste experimento. Face à presença de sementes de diferentes colorações e tamanhos, o lote foi separado inicialmente pela coloração do tegumento (C – clara; E - escura) e, em seguida, em cinco classes de tamanho, em peneiras (P) de crivo redondo correspondentes aos

tamanhos 11, 12, 13, 14 e 15 constituindo, assim, 10 sub-lotes: P11C, P11E, P12C, P12E, P13C, P13E, P14C, P14E, P15C e P15E.

Antes da condução do teste de envelhecimento acelerado, as sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico concentrado durante 20 min, lavadas em água corrente por 5 min e colocadas sobre folhas de papel por três dias.

**Teste de envelhecimento acelerado (EA):** O teste de EA foi conduzido à temperatura de 45°C com quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram colocadas em camada única sobre tela de alumínio, dentro de caixas para germinação, de plástico transparente e com tampa (11 x 11 x 3 cm), com 40 mL de água destilada abaixo da tela, conforme metodologia proposta por MARCOS FILHO (1999), e mantidas em câmara tipo B.O.D. por 24, 48, 72, 96 e 120 h, além de sementes que não foram submetidas ao EA (0 h).

**Determinação do teor de água:** antes e após o EA, foi determinado o teor de água das sementes, pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}/24$  h, conforme as recomendações descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), utilizando duas repetições de 20 sementes para cada tratamento.

**Teste de germinação:** após cada período de envelhecimento, as sementes foram previamente lavadas levemente em água corrente durante dois minutos devido à incidência de fungos e, em seguida, submetidas à germinação em câmara tipo B.O.D., à temperatura de 25°C, com fotoperíodo de 8 h, dentro de caixas transparentes de plástico, em substrato constituído de duas folhas de papel de filtro na base e uma sobre as sementes. O substrato foi umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. O critério utilizado para a germinação das sementes foi a emissão da raiz primária com curvatura geotrópica positiva. As contagens foram efetuadas diariamente durante um período de 21 dias.

**Plântulas normais:** aos 21 dias após a semeadura, foram contadas as plântulas normais de cada repetição e de cada tratamento, conforme critérios estabelecidos em BRASIL (1992).

**Índice de velocidade de germinação:** foram efetuadas contagens diárias das plântulas após a semeadura até o 21<sup>o</sup> dia, seguindo fórmula proposta por MAGUIRE (1962).

Todos os dados, com exceção do teor de água, foram submetidos à análise de variância, em delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial 5 x 2 x 6 (cinco tamanhos x duas colorações x seis períodos de envelhecimento). Os dados de porcentagem de germinação e de plântulas normais foram transformados em  $\arcseno\sqrt{x/100}$ , em que x representa a porcentagem de germinação ou de plântulas normais. Para a interpretação dos resultados, os dados foram apresentados com as médias transformadas seguindo Tukey a 5% de probabilidade, para comparação dos tratamentos, resultantes da classificação das sementes quanto ao tamanho e, ou coloração.

Adicionalmente, o comportamento de cada sub-lote (tratamento), durante o período de envelhecimento, foi analisado por regressão polinomial de até 3º grau, escolhendo-se a equação de maior grau com significância estatística a 5% pelo teste F. Face às estimativas negativas que ocorreram em alguns sub-lotes para as características avaliadas, os dados desses tratamentos foram analisados, utilizando-se o programa gráfico Origin 6.0 pelo modelo logístico não linear, conforme metodologia utilizada por PÔRTO et al. (2006), cujo modelo adotado foi o logística 1:

$$y = a/(1 + e^{-k(x-xc)})$$

em que :

y= valor da característica para um determinado valor de x (período de envelhecimento);

a= valor máximo da característica y;

k= taxa relativa de crescimento (no caso presente de redução de y);

xc= valor de x (período de envelhecimento) que proporciona uma redução no valor máximo da característica em 50%, corresponde ao período de envelhecimento no ponto de inflexão da curva.

As análises estatísticas foram processadas nos softwares ESTAT e no Microcal Origin 6.0.

## Resultados e Discussão

Os teores de água dos tratamentos, resultantes da classificação das sementes quanto a coloração e tamanho, antes e após o envelhecimento acelerado (EA) estão apresentados nas Figuras 1 e 2. Para as sementes de coloração clara (Figura 1), os valores iniciais de teor de água variaram entre 12 e 13% e aumentaram após o EA até 96 h para as sementes retidas nas peneiras 11, 12 e 13 e até 120 h, para as peneiras 14 e 15. Em relação às sementes de coloração escura (Figura 2), os teores iniciais variavam entre 11 e 13% e após o EA, o teor de água aumentou até 96 h.

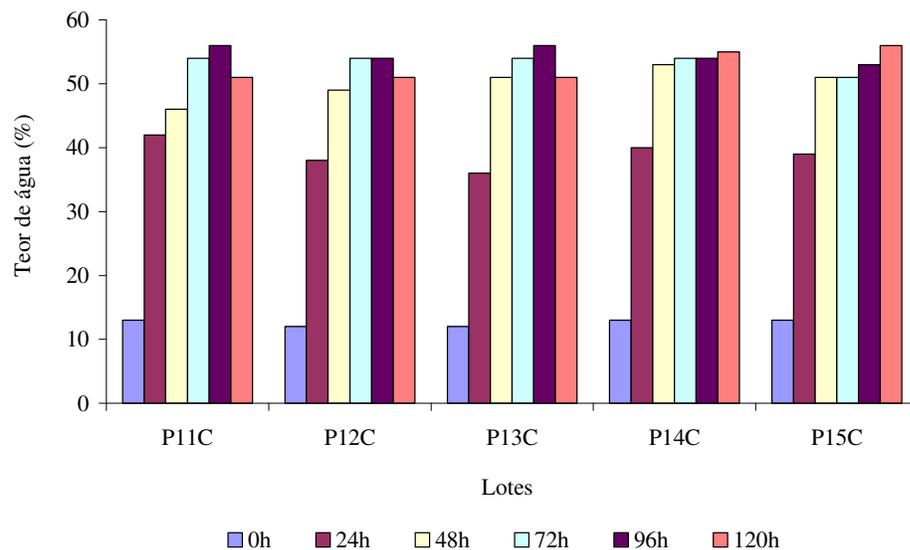


Figura 1. Teor de água (%) de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., de coloração clara (C), classificadas em peneiras de diferentes tamanhos (P11, P12, P13, P14 e P15), antes e após envelhecimento acelerado a 45 °C.

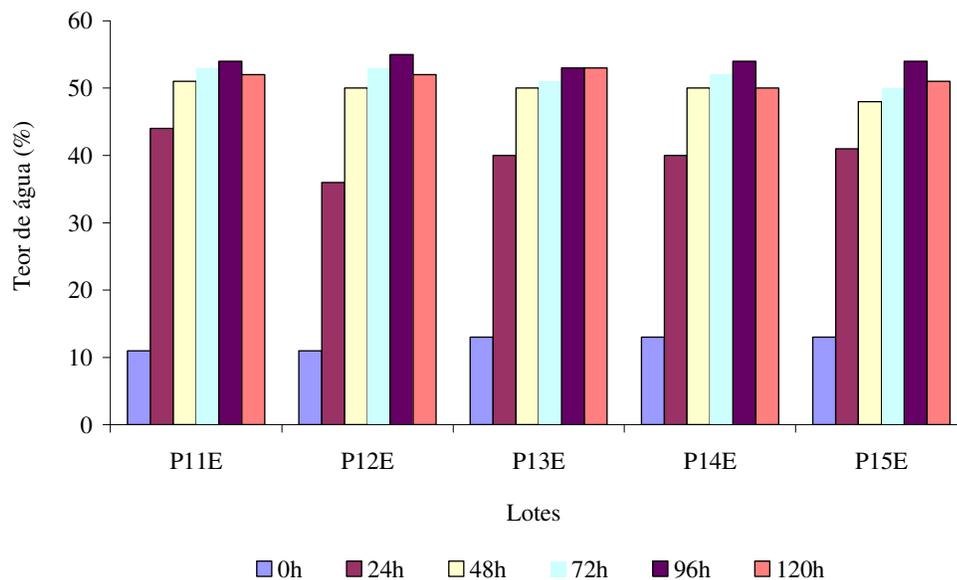


Figura 2. Teor de água (%) de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., de coloração escura (E), classificadas em peneiras de diferentes tamanhos (P11, P12, P13, P14 e P15), antes e após envelhecimento acelerado a 45 °C.

Pode-se observar que após 24 h de EA os valores de teor de água para todos os tratamentos foram superiores a 35%. Houve acréscimo no teor de água até 96 h, atingindo valores superiores a 50% e, em alguns sub-lotes, esse incremento se estendeu até 120 h. Sementes de várias espécies podem se comportar de maneira diferenciada em função do período e da temperatura de envelhecimento. Sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem., por exemplo, apresentaram 26% de água com 18 h de EA e o teor de água variou entre 26 e 28% até 36 h, sob diferentes temperaturas (CALDEIRA, 2007). Já sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (SANTOS & PAULA, 2007), envelhecidas a 45 °C por 96 h, apresentaram 37% de água.

É possível observar acréscimos no teor de água das sementes à medida que os períodos de envelhecimento aumentaram, sendo esse incremento mais acentuado com 24 h de exposição para todos os tratamentos. Após esse período, o teor de água continuou aumentando, no entanto, em pequenas proporções. Segundo BEWLEY &

BLACK (1994), as sementes mais secas, por apresentarem baixo potencial mátrico, absorvem água rapidamente quando colocadas em atmosfera úmida.

Os teores de água dos diferentes tratamentos são relativamente altos, superiores a 50% após 96 h de EA, ao se comparar com outros trabalhos encontrados na literatura. Assim, fica evidenciado que o valor e o período em que ocorre a estabilização do teor de água das sementes no teste de EA depende da espécie estudada.

Os valores dos quadrados médios dos fatores isolados e das interações, bem como a significância estatística fornecida pela análise de variância para as características avaliadas, encontram-se na Tabela 1.

Os dados de desdobramento da interação coloração x tamanho de sementes para a germinação (G), plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes submetidas ao EA encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Análise de variância para germinação (G), plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) de lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., classificados quanto ao tamanho e coloração das sementes, submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado a 45°C.

Fontes de Variação	Quadrado Médio		
	G	PN	IVG
Tratamentos	3005,00	3416,88	58,73
Tamanho (T)	383,20**	1190,88**	1,70 <sup>ns</sup>
Coloração (C)	3140,28**	4250,40**	38,64**
Período (P)	31331,03**	33454,48**	645,01**
T X C	521,79**	749,67**	2,03 <sup>ns</sup>
T X P	263,67**	290,18**	3,63**
C X P	559,22**	801,18**	6,53**
Resíduo	59,30	27,61	1,52
Média	51,29	38,37	5,12
CV (%)	15,01	13,69	24,09

<sup>ns</sup> e \*\* - não significativo ( $P > 0,05$ ) e significativo ( $P \leq 0,01$ ), respectivamente, pelo teste F.

Constatou-se que a germinação das sementes de coloração escura pertencentes às peneiras 13, 14 e 15 foi superior à obtida pelas sementes de coloração clara. Para as sementes das peneiras 11 e 12, não houve diferença significativa entre as colorações. Considerando os diferentes tamanhos dentro de cada coloração, para as sementes claras, as das peneiras 11 e 12, apresentaram maior germinação que as das

peneiras 14 e 15. Para as sementes de coloração escura, as provenientes da peneira 14 apresentaram germinação superior às das peneiras 11 e 15. As sementes da peneira 15 também apresentaram menor germinação do que as da peneira 13.

Tabela 2. Desdobramento da interação tamanho x coloração para germinação, plântulas normais e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. após envelhecimento acelerado a 45 °C. (Médias dos vários períodos de EA)

Tamanho (Peneiras – P)	Coloração das Sementes		Média
	Clara	Escura	
	Germinação		
P11	52 Aa	52 Abc	52
P12	53 Aa	56 Aabc	55
P13	48 Bab	57 Aab	53
P14	41 Bc	59 Aa	50
P15	44 Bbc	50 Ac	47
Média	48	55	
	Plântulas Normais		
P11	37 Bb	43 Aab	40
P12	46 Aa	42 Bab	44
P13	35 Bbc	44 Aa	40
P14	31 Bc	44 Aa	38
P15	22 Bd	39 Ab	31
Média	34	42	
	IVG		
P11	4,72	5,34	5,03 a
P12	5,17	5,70	5,43 a
P13	4,83	5,44	5,15 a
P14	4,22	5,77	5,02 a
P15	4,59	5,34	4,97 a
Média	4,72 B	5,52 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com exceção das sementes da peneira 12, em que as de coloração clara apresentaram maior valor de PN, nas demais classes de tamanho as sementes de coloração escura expressaram superioridade quanto à formação de PN em relação às de coloração clara. Quanto ao tamanho das sementes de coloração clara, o proveniente da peneira 12 apresentou maior valor de PN do que os demais. As sementes da peneira 15 apresentaram desempenho inferior. Dentro da coloração escura, as sementes das

peneiras 13 e 14 apresentaram elevados valores de PN, porém, superando apenas as sementes da peneira 15.

Em relação ao IVG, a interação tamanho x coloração, bem como o efeito isolado de tamanho, não foram significativos; porém, houve efeito significativo para a coloração. As sementes de coloração escura proporcionaram valores mais elevados de IVG (5,52) em relação às de coloração clara (4,72).

As equações de regressão que estimam a germinação, IVG e de plântulas normais de cada sub-lote, estão apresentadas na Tabela 3.

Observa-se, para alguns tratamentos, um pequeno aumento na germinação de sementes de angico-de-bezerro logo após 24 h de EA a 45 °C. Esse incremento só não foi verificado para as sementes claras das peneiras 11, 14 e 15 (Figura 3A) e para as sementes escuras da peneira 11 (Figura 3B). Isso pode ser atribuído ao aumento no teor de água dessas sementes após o envelhecimento, pois, essas já teriam iniciado o processo de germinação, com o ganho de água, tendo em vista o padrão trifásico de absorção de água (BEWLEY & BLACK, 1994).

A partir de 48 h de EA, ocorreram decréscimos na germinação para todos os tratamentos, independentemente do tamanho ou coloração (Figuras 3A; 3B). As sementes claras da peneira 11 (Figura 3A) apresentaram redução linear da germinação, com valores mais baixos de germinação nos períodos de 24 e 48 h de EA, comparativamente aos demais tamanhos dessa coloração; porém, a partir das 72 h de EA, as sementes claras provenientes das peneiras 13, 14 e 15 foram mais sensíveis ao EA, apresentando germinação inferior às sementes da peneira 11. Ao final de 120 h de EA, não foi observada germinação das sementes claras provenientes da peneira 14, e os valores mais elevados de germinação foram observados nas peneiras 11 e 13.

Tabela 3. Equações que estimam a germinação, plântulas normais e o índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., classificadas quanto a coloração (clara e escura) e tamanho (P11, P12, P13, P14 e P15), após envelhecimento acelerado a 45 °C, por diferentes períodos.

Equação	R <sup>2</sup>
<b>Germinação</b>	
<b>Clara</b>	
P11 = 85,9382 - 0,5671x	0,96
P12 = 75,9640 + 0,9697x - 0,0268x <sup>2</sup> + 0,00011x <sup>3</sup>	0,93
P13 = 64,9543 + 1,7911x - 0,0469x <sup>2</sup> + 0,0002x <sup>3</sup>	0,99
P14 = 87,39885/(1 + e <sup>0,08692(x - 54,71915)</sup> )	0,99
P15 = 78,58186/(1 + e <sup>0,05619(x - 69,81257)</sup> )	0,96
<b>Escura</b>	
P11 = 75,0338 - 0,0873x - 0,0033x <sup>2</sup>	0,90
P12 = 81,1968 - 0,0169x - 0,0045x <sup>2</sup>	0,96
P13 = 76,4203 - 0,0025x - 0,0036x <sup>2</sup>	0,92
P14 = 74,8360 + 1,1674x - 0,0287x <sup>2</sup> + 0,0001x <sup>3</sup>	0,91
P15 = 73,9777 + 0,9725x - 0,0289x <sup>2</sup> + 0,0001x <sup>3</sup>	0,95
<b>Plântulas normais</b>	
<b>Clara</b>	
P11 = 74,44624/(1 + e <sup>0,06867(x - 59,60068)</sup> )	0,98
P12 = 70,48004/(1 + e <sup>0,12339(x - 82,59261)</sup> )	0,99
P13 = 61,7237/(1 + e <sup>0,14072(x - 69,18381)</sup> )	0,98
P14 = 68,55908/(1 + e <sup>0,23621(x - 50,74217)</sup> )	0,99
P15 = 66/(1 + e <sup>1,17752(x - 44,01595)</sup> )	0,99
<b>Escura</b>	
P11 = 67,8725 - 0,2136x - 0,0022x <sup>2</sup>	0,93
P12 = 71,8642 - 0,2112x - 0,0032x <sup>2</sup>	0,96
P13 = 65,3316 + 0,1455x - 0,0055x <sup>2</sup>	0,96
P14 = 72,05932/(1 + e <sup>0,2261(x - 74,51412)</sup> )	0,99
P15 = 64,78743/(1 + e <sup>0,20035(x - 74,05881)</sup> )	0,99
<b>Índice de velocidade de germinação</b>	
<b>Clara</b>	
P11 = 10,7491 - 0,1337x + 0,0003x <sup>2</sup>	0,94
P12 = 9,1224 + 0,0981x - 0,0037x <sup>2</sup> + 0,00001x <sup>3</sup>	0,95
P13 = 9,59005/(1 + e <sup>0,06338(x - 66,54604)</sup> )	0,93
P14 = 10,67374/(1 + e <sup>0,09482(x - 45,55315)</sup> )	0,99
P15 = 10,91508/1 + e <sup>0,065779(x - 47,22536)</sup>	0,92
<b>Escura</b>	
P11 = 8,6228 + 0,0893x - 0,0037x <sup>2</sup> + 0,00002x <sup>3</sup>	0,95
P12 = 10,0672 + 0,0794x - 0,0037x <sup>2</sup> + 0,00002x <sup>3</sup>	0,98
P13 = 9,6857 - 0,0705x	0,91
P14 = 9,7119 + 0,0783x - 0,0033x <sup>2</sup> + 0,00001x <sup>3</sup>	0,96
P15 = 9,8686 + 0,0645x - 0,0033x <sup>2</sup> + 0,00001x <sup>3</sup>	0,98

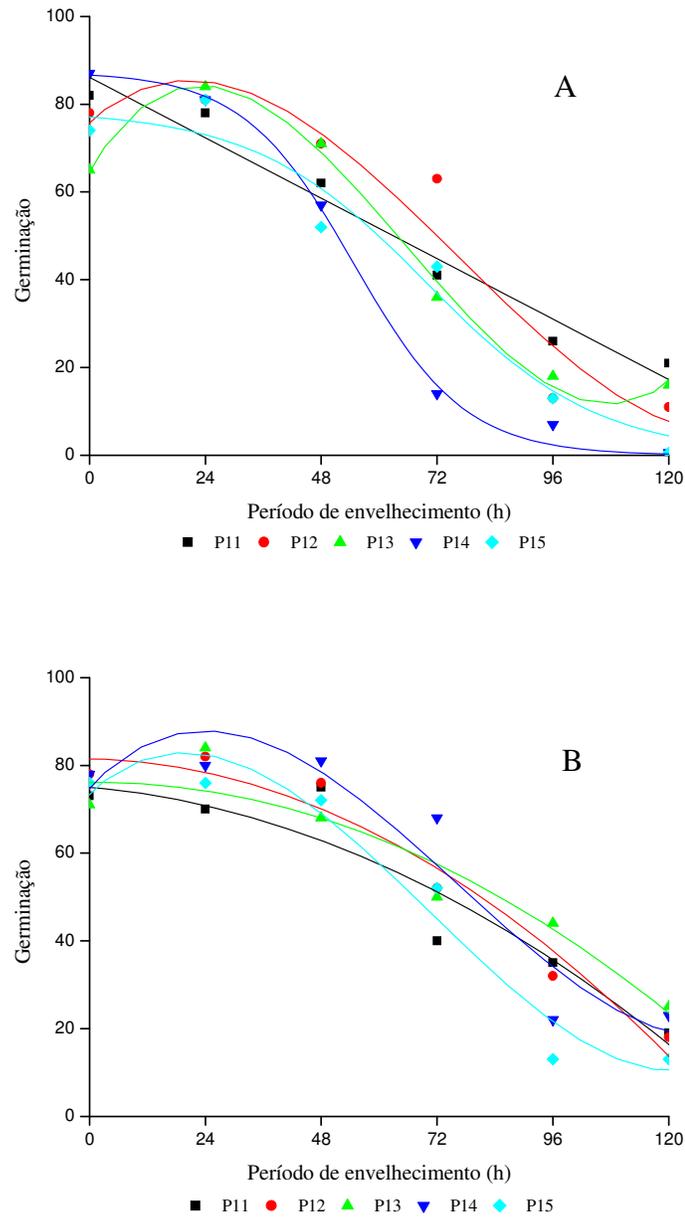


Figura 3. Germinação ( $\arcsen\sqrt{G/100}$ ) de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. de coloração clara (A) e escura (B), de diferentes tamanhos (peneiras 11, 12, 13, 14 e 15: P11, P12, P13, P14 e P15, respectivamente), após envelhecimento acelerado a 45 °C, por diferentes períodos.

Para as sementes de coloração escura (Figura 3B) também ocorreu queda na germinação das sementes a partir de 48 h de EA, porém, de forma não tão acentuada quanto à observada nas sementes claras (Figura 3A). A diferenciação do vigor das sementes de coloração escura, também, não é tão evidente como as de coloração clara, onde nas primeiras as curvas de regressão são mais próximas do que as das últimas, indicando, possivelmente, que para as sementes de coloração escura, a classificação das mesmas quanto ao tamanho não seja tão importante.

Provavelmente, o aumento na germinação observado em alguns tratamentos com 24 h de envelhecimento está associado à elevação do teor de água das sementes em decorrência das condições promovidas pelo EA (UR e temperatura elevadas) que resultaram na ativação do metabolismo dessas sementes, da mesma forma que foi observado para as sementes de *Aegiphyla sellowiana* Cham. (BIRUEL, 2006) envelhecidas a 45°C por 6 e 12 h.

FANTI & PEREZ (2005) constataram reduções mais acentuadas da porcentagem de germinação de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. a partir de 96 h de envelhecimento; o valor de porcentagem encontrado no período de 24 h não diferiu estatisticamente do controle, porém nos demais períodos de EA (48, 72, 96 e 120 h), os valores de germinação foram significativamente inferiores ao controle. A germinação de sementes de *Tabebuia roseo-alba* Ridl. (Sand) envelhecidas a 45°C durante 24 h também não diferiu do controle; a redução da germinação foi verificada com 48 h de envelhecimento e com o aumento desse período, houve redução da capacidade germinativa até a perda total da viabilidade a partir de 120 h.

Para *Tabebuia impetiginosa* Mart. Standl., as sementes envelhecidas a 45°C apresentaram queda na germinação já a partir de 24 h, progredindo até 144 h de exposição (BORBA FILHO, 2006). Também houve queda acentuada da germinação para as sementes de *Dalbergia nigra* Vell., quando envelhecidas a 45°C, apresentando valores de 36 e 19% para os períodos de 48 e 96 h de envelhecimento, respectivamente (CORREA et al., 2006).

Esses resultados concordam com os obtidos no presente trabalho em que o período de 24 h de envelhecimento não foi eficiente para promover redução na

germinação das sementes de angico-de-bezerro, comparativamente às sementes não envelhecidas, porém com queda progressiva a partir de 48 h de envelhecimento. No entanto, o período de 120 h não inibiu completamente a germinação de sementes de angico-de-bezerro.

Segundo BORBA FILHO (2006), durante o processo de deterioração ocorrem mudanças na atividade respiratória das sementes, que se torna gradativamente menos intensa, finalizando com o colapso metabólico da semente. A diminuição na capacidade respiratória tem sido relatada como conseqüência de danos às membranas da mitocôndria, que é a organela mais susceptível à peroxidação de lipídios.

O efeito imediato da desestruturação do sistema de membranas, causada pelo processo de envelhecimento, seria a ação de grupos químicos denominados de radicais livres, o peróxido de hidrogênio e a hidroxila, cuja formação se dá por meio da atividade metabólica da célula e seria uma conseqüência da reação dos lipídios estruturais (lipídios constituintes da membrana plasmática, principalmente os poli-insaturados) com o oxigênio molecular, resultando em radicais livres e peróxidos de ácidos graxos com relativa instabilidade (BRACCINI et al., 2001; CARVALHO & CAMARGO, 2003).

Evidências comprovam que os eventos deteriorativos estão normalmente associados ao aumento ou diminuição na atividade de um determinado grupo de enzimas, além de alterações em componentes de reservas, com queda na síntese e conteúdo de proteínas, variações na disponibilidade e na estrutura do carboidrato, diminuição no conteúdo total de lipídios e aumento de ácidos graxos livres (CARVALHO & CAMARGO, 2003).

Com o sistema de membranas desestruturado, as sementes tornam-se mais susceptíveis aos efeitos deletérios do  $O_2$  que promove a oxidação dos compostos e também a ação de enzimas (FERREIRA et al., 2004), que segundo BEWLEY & BLACK (1994) fazem com que as reservas sejam consumidas mais rapidamente. Ainda, segundo FERREIRA et al. (2004), a redução gradativa da germinação e do vigor das sementes, promovida pelas condições estressantes do EA, se deve a um maior consumo das reservas, decorrente da acelerada atividade metabólica nestas

condições. Todos esses eventos podem estar relacionados com a redução da capacidade germinativa de sementes de angico-de-bezerro após 48 h de EA.

As proteínas exercem um papel importante no crescimento e desenvolvimento de plantas. Assim, durante o processo de deterioração de sementes, mudanças significativas na síntese de proteínas e atividade enzimática também ocorrem e, durante a germinação de sementes envelhecidas, essas mudanças podem ser resultantes da perda de habilidade das sementes para sintetizar proteínas que são essenciais para desencadear o processo germinativo (BRACCINI et al., 2001; CARVALHO & CAMARGO, 2003).

Segundo MARCOS FILHO (2005), enzimas como a catalase, desidrogenase e descarboxilase do ácido glutâmico têm sofrido decréscimos nas suas atividades durante o processo de deterioração ocasionando, desta forma, redução no suprimento de energia para a semente em germinação, tendo em vista que, alterações na estrutura de enzimas, contribuem para a redução da sua eficiência.

Ocorreu redução no número de PN de forma mais acentuada para as sementes de coloração clara (Figura 4A), comparativamente às de coloração escura (Figura 4B). Para as sementes claras das peneiras 13, 14 e 15 não houve formação de plântulas normais a partir de 48, 24 e 72 h de envelhecimento, respectivamente. As sementes escuras das peneiras 14 e 15 (Figura 4B) apresentaram maiores valores de PN até 48 h de envelhecimento, porém, com quedas bruscas a partir desse período, não havendo formação de PN nos períodos de 96 e 120 h. Para as sementes escuras das peneiras 11, 12 e 13, a produção de plântulas normais se ajustou a uma equação quadrática, com queda mais suave dessa característica ao longo dos períodos de EA.

Sementes mais vigorosas possuem maior capacidade de produzir plântulas normais (Figura 5A) e apresentar germinação mais elevada após serem submetidas ao estresse do EA, enquanto as de vigor inferior apresentam maior redução de germinação (MARCOS FILHO, 1994). Sementes de *Tabebuia roeo-alba* Ridl. (Sand) e *Tabebuia impetiginosa* Mart. Standl. também apresentaram redução expressiva de plântulas normais já a partir de 24 h e se estendendo até 96 h com valores em torno de 23% (BORBA FILHO, 2006).

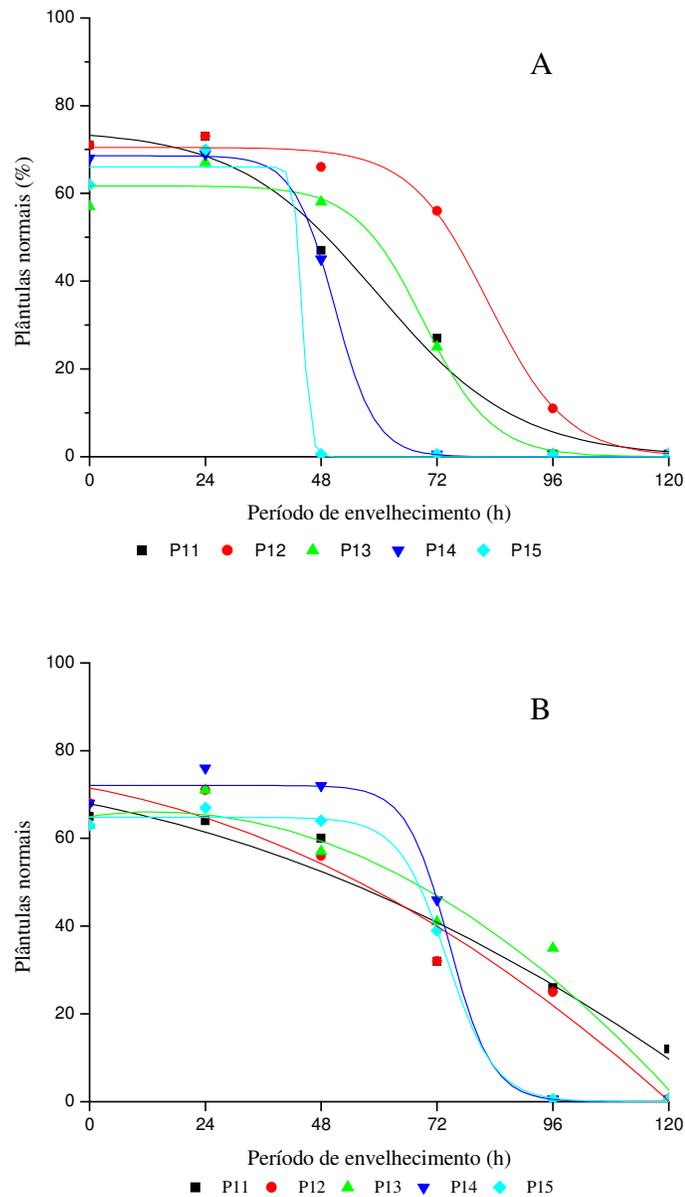


Figura 4. Plântulas normais ( $\arccos\sqrt{G/100}$ ) obtidas de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. de coloração clara (A) e escura (B), de diferentes tamanhos (peneiras 11, 12, 13, 14 e 15: P11, P12, P13, P14 e P15, respectivamente), após envelhecimento acelerado a 45 °C, por diferentes períodos.

Cabe ressaltar que, a partir de 48 h de envelhecimento acelerado, ocorreu o surgimento de plântulas anormais de forma mais intensa (dados não apresentados), principalmente para aquelas provenientes das peneiras 14 e 15 (coloração clara). Em relação às sementes de coloração escura essas anormalidades também aconteceram, porém, de forma menos acentuada e somente ao final do período de envelhecimento. Os tipos de anormalidades mais comuns foram a emergência apenas dos cotilédones com ausência de raiz e de hipocótilo (Figura 5B), ou só ausência de raiz (Figura 5C), ausência de raiz e hipocótilo retorcido (Figura 5D). Assim pode-se afirmar, com base no que foi observado durante a condução do experimento, que esses sub-lotes eram de baixo vigor, tendo em vista o grande número de plântulas anormais. Em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan, o EA aumentou o número de plântulas anormais em relação às normais (GARCIA et al., 2004).

Houve também decréscimos no vigor das sementes, avaliado pelo IVG, para todos os tratamentos, independentemente da coloração e, ou tamanho das sementes. Para as sementes claras (Figura 6A), as retidas na peneira 11 (P11) apresentaram comportamento quadrático, as das P12 ajustaram-se a um modelo cúbico; e as demais foram ajustadas a partir de equações não lineares. Comparando-se os dados de IVG (Figuras 6A; 6B) com os de germinação (Figura 3A e 3B), nota-se que o índice de velocidade de germinação decresce primeiro do que a germinação ao longo dos períodos de EA, e de forma mais acentuada nas sementes de coloração clara, já a partir das 24 h de EA. Com exceção da peneira 13 (Figura 6B), cujo comportamento foi linear decrescente, as demais se ajustaram a um modelo cúbico com relativa superioridade sobre as claras ao longo dos períodos de EA.

Segundo MAIA et al. (2007), o EA ocasiona atraso no processo germinativo, diminui o crescimento do embrião e aumenta a susceptibilidade a estresses ambientais, levando a perda de germinabilidade.

Dessa forma, o envelhecimento acelerado antecipa o processo de deterioração de sementes, cujos sintomas são percebidos durante a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. Entre as manifestações mais evidentes destacam-se a redução da velocidade e da porcentagem de germinação em laboratório

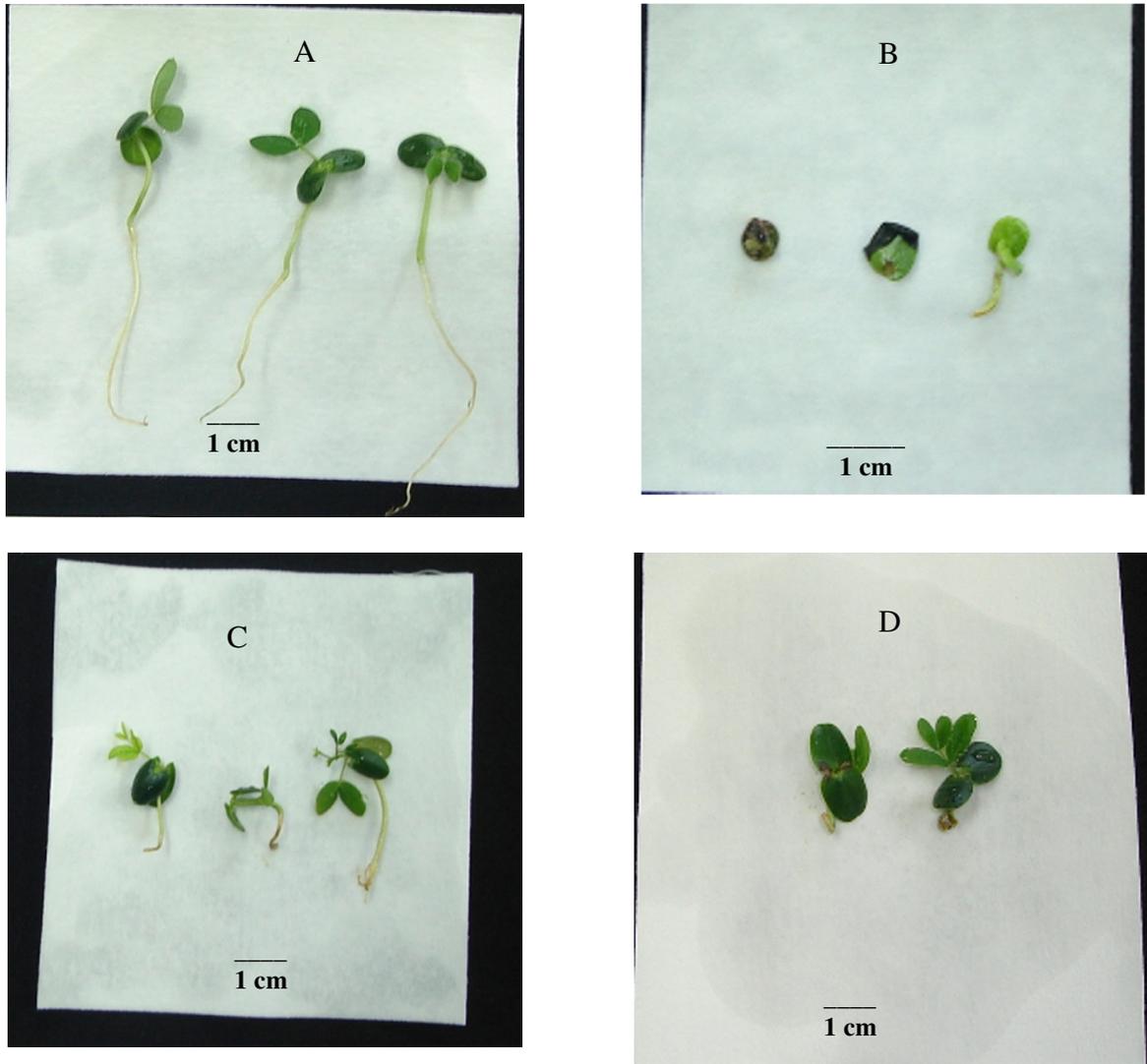


Figura 5. Plântulas normais (A) e anormais (B, C e D) de *Piptadenia moniliformis* Benth.

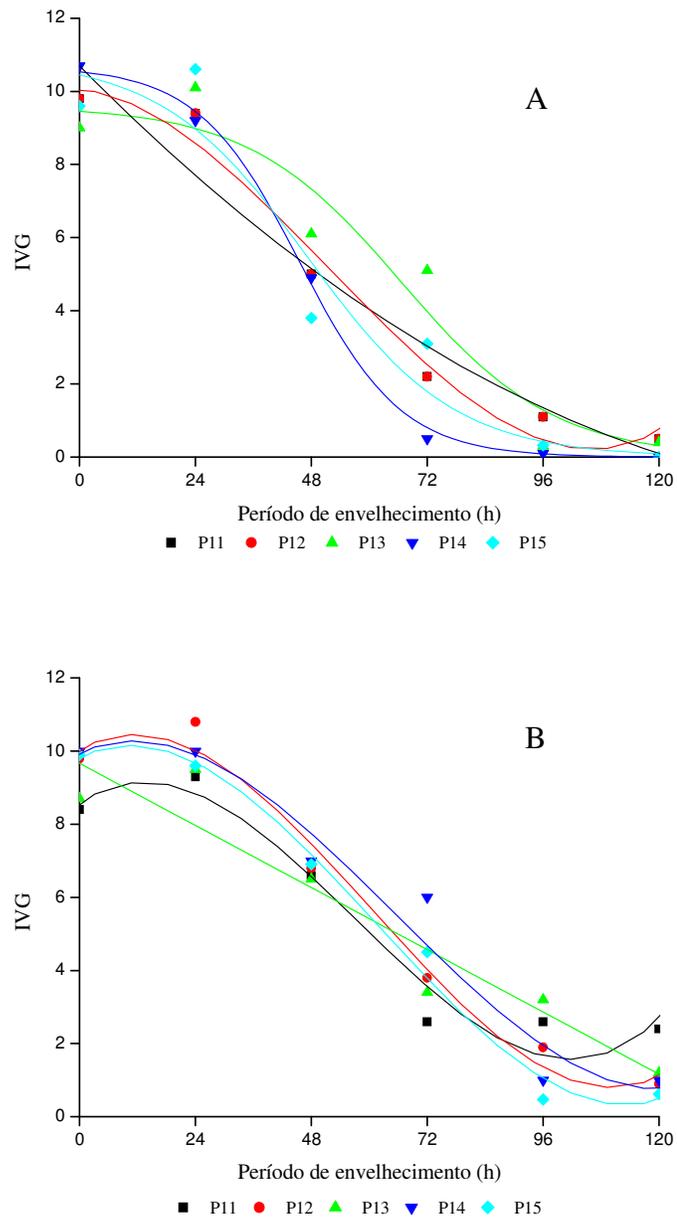


Figura 6. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. de coloração clara (A) e escura (B), de diferentes tamanhos (peneiras 11, 12, 13, 14 e 15: P11, P12, P13, P14 e P15, respectivamente), após envelhecimento acelerado a 45 °C, por diferentes períodos.

e a redução da velocidade de emergência e do crescimento de plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

É importante destacar, em relação ao índice de velocidade de germinação, que os acréscimos que ocorreram nas sementes só foram verificados com 24 h de exposição ao EA, seguido de queda a partir desse período. Ou seja, o fato de as sementes de angico-de-bezerro terem manifestado acréscimos no teor de água à medida que permaneciam na câmara de envelhecimento por períodos de até 120 h, não favoreceu o índice de velocidade de germinação, como tem sido constatado em outros trabalhos com espécies florestais (FANTI & PEREZ, 2005; BIRUEL, 2006; CORREA et al., 2006; SANTOS & PAULA, 2007), em que a água adquirida pelas sementes, por ocasião do envelhecimento, acelera a sua germinação, fazendo com que o seu metabolismo seja ativado mais rapidamente em detrimento das sementes não envelhecidas.

Em outras palavras, as sementes de angico-de-bezerro poderiam ter reduzido o tempo de germinação pelo fato de terem absorvido grande quantidade de água, conforme pode ser visualizado na Figura 1, no entanto, não o fizeram. Nesse caso, a temperatura elevada de 45°C, associada ao teor de água também elevado, contribuíram para acelerar o metabolismo das sementes, levando à sua deterioração.

Cabe ressaltar, ainda, que as sementes de angico-de-bezerro também foram envelhecidas a temperatura de 42°C (dados não apresentados) e, nesta temperatura, o que se verificou foi a obtenção de altos valores para todas as características avaliadas, inclusive acréscimos no IVG, independentemente da coloração e, ou tamanho da semente, podendo-se inferir que a temperatura de 42°C atuou como um pré-condicionamento, favorecendo todas as características avaliadas.

Com base nestas características avaliadas, observou-se que quanto maior o período de exposição das sementes às condições adversas, maior a taxa de deterioração das sementes. As sementes de coloração clara foram mais sensíveis ao estresse promovido pelo EA, principalmente às de tamanho 14 e 15. É importante salientar que a qualidade inicial das sementes (coloração clara e escura) era elevada e semelhante, impossibilitando alguma diferenciação entre elas pelo teste de germinação,

até porque o mesmo é conduzido sob condições favoráveis, fazendo com que o lote de sementes expresse todo o seu potencial germinativo. Ao serem submetidas ao envelhecimento acelerado com umidade e temperaturas elevadas, foi possível detectar diferenças, tanto sutis como acentuadas entre os sub-lotes, demonstrando a capacidade de cada um em apresentar ou não bom desempenho em campo sob ampla faixa de condições ambientais. É provável, no tocante às sementes pertencentes às peneiras 14 e 15 de coloração clara, que o baixo vigor manifestado por elas esteja relacionado com o processo de maturação, que possivelmente não tenha sido devidamente completado e, nesse caso, a consequência foi o vigor reduzido. Após 48 h, já foi possível estabelecer diferenças entre os sub-lotes e a partir daí, constatou-se queda expressiva nas características avaliadas, indicando que a semente já não possuía mais a capacidade de reparação aos danos causados pela exposição à umidade e temperatura elevadas, uma vez que a perda da capacidade germinativa é consequência ou efeito final da deterioração (BINOTTI et al., 2008). O processo de deterioração que as sementes estão sujeitas logo após a maturação está relacionado ao vigor (FANTI & PEREZ, 2005) e, segundo DELOUCHE (2002), a duração desse processo é determinada pela interação entre herança genética, o teor de água das sementes e a temperatura.

Para alguns tratamentos, os períodos de 96 e 120 h foram altamente drásticos às sementes, conduzindo-as à última etapa do processo deteriorativo, ou seja, à perda total ou quase total da capacidade germinativa. Associado a isto, ocorreu também elevada absorção de água após os períodos de envelhecimento, especialmente para as sementes de tamanho 14 e 15 (clara), que foram os tratamentos que mais sofreram os efeitos do estresse mediante o teste de EA.

Cabe ressaltar, também, que da mesma forma como observado nos trabalhos de FERREIRA et al. (2004), GARCIA et al. (2004), FANTI & PEREZ (2005), CARVALHO et al. (2006), BIRUEL (2006) e CALDEIRA (2007), com diferentes espécies arbóreas, neste trabalho também houve a incidência de microorganismos sobre as sementes, principalmente, após 72 h de EA, o que pode também ter contribuído para uma redução da qualidade fisiológica das sementes, ainda que as mesmas tenham sido lavadas

levemente e de forma rápida em água corrente. Segundo AOSA (1983) e TORRES (2005) lotes de sementes de alto vigor devem manter sua viabilidade quando submetidas a condição de umidade e temperatura elevadas por período relativamente curto, enquanto que às de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida.

Segundo BIRUEL (2006), a variabilidade de respostas observadas em diversos experimentos com as mais variadas espécies se deve às seguintes razões: diferentes métodos para estudar a deterioração, dificultando o desenvolvimento de um conceito uniforme; o processo de deterioração varia de acordo com a situação ao qual se refere, se é aplicado para definir alterações que ocorrem em campo até a colheita ou durante o armazenamento; a deterioração não é um processo individual, podendo ocorrer de maneiras diferentes e em várias partes da semente; a taxa de deterioração sofre influência da condição ambiental e de fatores biológicos (microorganismos) que influencia, por sua vez, o processo e a padronização dos resultados.

## **Conclusão**

O teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45°C durante 72 h é eficiente para avaliar a qualidade de sementes de *P. moniliformis* Benth., independentemente da coloração e/ou tamanho das sementes.

## **Referências**

AOSA. Association of official seed analysis. Seed vigour handbook. In: \_\_\_\_\_. **The handbook of seed testing**. East Lansing, 1983. 88 p. (Contribution, 32).

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Prenum Press, 1994. 445 p.

BINOTTI , F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Scientarum Agronomia**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BIRUEL, R. P. **Caracterização e germinação de sementes de *Aegiphyla selowiana* Cham.** 2006. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências – Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

BORBA FILHO, A. B. **Aspectos de germinação e de conservação de sementes de espécies do gênero *Tabebuia* (Bignoniaceae).** 2006. 86 f. Tese (Doutorado em Ciências - Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

BRACCINI, A. L.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIN, C. A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos. **Informativo ABRATES**, v. 11, n. 1, p. 10-15, 2001.

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

CALDEIRA, S. F. **Conservação, viabilidade e vigor de diásporos e crescimento inicial de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem.).** 2007. 183 f. Tese (Doutorado em Ciências - Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CARVALHO, M. L.; CAMARGO, R. Aspectos bioquímicos da deterioração de sementes. **Informativo ABRATES**, v. 13, n. 1-2, p. 66-88, 2003.

CARVALHO, D.; FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, A. F.; GEMANAQUE, R. C. Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae Caesalpinoideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 19-24, 2006.

CORREA, N. B.; LOPES, J. C.; DIAS, M. A.; DALVI, L. P. Efeito do envelhecimento acelerado na germinação e vigor de sementes de *Dalbergia nigra* Vell. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2006, São José dos Campos - SP. **Anais...**São José dos Campos: Universidade do Vale do Parnaíba, 2006. p. 1024-1027.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 247-452, 1973.

DELOUCHE, J. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, Pelotas, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

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

GARCIA, L. C.; NOGUEIRA, A. C.; ABREU, D. C. A. Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan – Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 85-90, 2004.

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

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 133-149.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B (Ed.). **Vigor de sementes e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 31-32.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p. il.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 283-297.

PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola 'Optima' estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 470-475, 2006.

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 (branquilho) – Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2007.

TEKRONY, D. M. Accelerated aging test. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 17, n. 2, p. 110-120, 1993.

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* Tull. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 35-43, 2005.

TORRES, S. B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 98-104, 2005.

## **CAPITULO 6 – GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Piptadenia moniliformis* Benth. SOB ESTRESSE HÍDRICO**

**RESUMO** - O período de germinação e o estabelecimento de plântulas é um dos fatores mais importantes para a sobrevivência das espécies, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água é limitada, como na região da Caatinga. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estresse hídrico sobre a germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Foram utilizados três lotes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>), correspondentes aos anos de produção de 2006, 2007 e 2008, respectivamente. Antes do teste de germinação, as sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico concentrado durante 30 min. Para simular o déficit hídrico, foi utilizado o polietileno glicol (PEG 6000), nos seguintes potenciais osmóticos: - 0,3; -0,6; -0,9, -1,2 e -1,5 MPa e a água (0 MPa) sob as temperaturas de 25 e 30°C. As características avaliadas foram: porcentagem de germinação e de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz primária e de hipocótilo e massa seca de plântulas. O processo germinativo de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. é comprometido a partir de potenciais hídricos inferiores a -0,6 MPa a 25 e 30°C; potenciais hídricos iguais ou inferiores a -1,2 MPa inibem a formação de plântulas normais nas duas temperaturas; a tolerância ao estresse hídrico simulado com PEG 6000 é variável entre lotes de sementes e temperaturas de germinação.

**Palavras-Chave:** angico-de-bezerro, PEG, crescimento de plântulas, caatinga.

### **Introdução**

Dentre os fatores que exercem influência sobre a germinação, a disponibilidade hídrica é de grande importância. O primeiro evento que ocorre durante a germinação é a absorção de água pela semente que se dá pelo processo de embebição. A velocidade de absorção de água é determinada pela composição química, permeabilidade do

tegumento, qualidade fisiológica de semente e disponibilidade hídrica (BEWLEY & BLACK, 1994).

Qualquer fator externo que exerça influência desvantajosa sobre as plantas, pode ser definido como estresse, podendo-se citar: déficit hídrico, calor, frio, carência nutricional, solos salinizados, bem como competição, alelopatia e contaminação por micro-organismos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A água não é apenas o primeiro fator que inicia a germinação, mas também está envolvida, direta ou indiretamente nesse processo. Em todas as demais etapas do metabolismo subsequente a sua participação é decisiva, seja nas reações enzimáticas, na solubilização e transporte de metabólitos e também, como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do vigor, dependendo, entre outros fatores, das condições ambientais predominantes no local onde elas foram dispersas ou semeadas (SILVA, 2005)

O estresse hídrico, geralmente, contribui para a diminuição da velocidade de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (BEWLEY & BLACK, 1994). Potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início de embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a sequência de eventos do processo germinativo (MIKUSINISK 1987 citado por ÁVILA et al., 2007).

O uso de substâncias químicas osmoticamente ativas como forma de induzir a restrição hídrica na semente tem sido amplamente difundido e é normalmente feito através da adição de solutos como  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  ou polietileno glicol (PEG) de alto peso molecular, normalmente maior que 4000. Entretanto, cada agente osmótico apresenta diferenças químicas que podem acarretar resultados diversos na germinação das sementes, mesmo em potenciais hídricos similares (SOUZA & CARDOSO, 2000).

O PEG, por ser um composto químico inerte e não tóxico, é amplamente utilizado para simular condições de estresse hídrico (HARDEGREE & EMMERICH, 1994),

podendo provocar atraso no processo germinativo ou diminuição da germinabilidade final. Apresenta vantagens sobre os outros agentes osmóticos por ser mais inerte que outros solutos, não ser absorvido pelas sementes, devido ao seu peso molecular elevado e, geralmente, não apresentar toxicidade. Como desvantagem, apresenta efeito negativo sobre a disponibilidade de oxigênio para as sementes devido a alta viscosidade que leva à baixa taxa de difusão do oxigênio nas soluções (HEYDECKER, 1977).

O conhecimento do período de germinação, estabelecimento e o desenvolvimento das plântulas arbóreas são importantes para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água está limitada durante um período do ano. A capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca (ROSA et al., 2005).

*Piptadenia moniliformis* Benth. é uma espécie arbórea do bioma Caatinga, que se caracteriza pelo clima semi-árido, quente, com baixa pluviosidade (entre 250 e 800 mm anuais) e que ocupa grande parte da área do nordeste brasileiro. Pela sua adaptação a essas condições adversas e considerando ser uma espécie resistente à seca, objetivou-se nesta pesquisa avaliar a capacidade germinativa de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob condições de estresse hídrico, visando obter informações que sejam úteis em programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal da Unesp/Jaboticabal no ano de 2008. As sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. utilizadas neste trabalho foram provenientes de diferentes árvores matrizes localizadas em uma área rural no município Campo Grande do Piauí-PI. Em laboratório, inicialmente, as sementes foram selecionadas a fim de se obter uniformidade quanto ao tamanho. Foram utilizados três lotes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>),

correspondente aos anos de produção de 2006, 2007 e 2008, respectivamente. As sementes permaneceram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em câmara fria ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  UR) por 2 anos ( $L_1$ ), 1 ano ( $L_2$ ) e 30 dias ( $L_3$ ). O teor de água das sementes era de 7% para os lotes  $L_1$  e  $L_2$  e de 9% para o  $L_3$ .

Antes do teste de germinação, as sementes foram submetidas aos procedimentos para a superação de dormência, utilizando ácido sulfúrico concentrado por 30 min, dado ao maior grau de dormência das sementes pertencentes ao  $L_2$ , constatado em testes preliminares. Após este período, as sementes foram lavadas em água corrente por cinco minutos, permanecendo sobre folha de papel toalha sob condições de laboratório por dois dias. Para simular o déficit hídrico e encontrar o limite máximo de tolerância à seca, foi utilizado a água ou polietileno glicol (PEG 6000), nos seguintes potenciais osmóticos: 0,0; - 0,3; -0,6; -0,9, -1,2 e -1,5 MPa, cujas soluções foram preparadas de acordo com VILLELA et al. (1991).

Utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes distribuídas em caixas de plástico transparentes e com tampa (11 x 11 x 3,5cm), tipo "gerbox". As sementes foram colocadas entre papel de filtro, com duas folhas na base e uma sobre as sementes, umedecidas com PEG ou água (testemunha), e mantidas em germinador sob as temperaturas de 25 e 30°C. As contagens foram realizadas diariamente até 21 dias da instalação do teste e o critério de germinação adotado foi à curvatura geotrópica positiva da raiz. Ao término do experimento, foram feitas as contagens de plântulas normais, adotando-se como critério o desenvolvimento de todas as suas estruturas essenciais. O índice de velocidade de germinação foi calculado de acordo com fórmula proposta por MAGUIRE (1962). Foram avaliados ainda o comprimento de raiz primária e de hipocótilo e massa seca de plântulas. As medições de comprimento foram realizadas com o auxílio de uma régua graduada em mm e a massa seca foi determinada após submeter o material vegetal em estufa a 70°C durante 72 horas, utilizando todas as plântulas normais de cada repetição.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado seguindo esquema fatorial 2 x 6 (temperaturas x potenciais hídricos, para cada lote). Os dados expressos em porcentagem foram transformados em  $\arcseno\sqrt{x/100}$ , em que x

representa a porcentagem de germinação ou de plântulas normais. O efeito do potencial hídrico para cada combinação lote/temperatura foi também avaliado por análise de regressão.

Inicialmente procedeu-se ao ajuste de equação polinomial, mas devido a ocorrência de estimativas negativas para algumas características, principalmente nos potenciais hídricos mais negativos, esses casos foram submetidos a ajustes usando equações não lineares, conforme metodologia utilizada por PÔRTO et al. (2006), cujo modelo adotado foi o logística 1:

$$y = a/(1 + e^{-k(x-xc)}),$$

em que:

y= valor da característica para um determinado valor de x (potencial hídrico);

a= valor máximo da característica y;

k= taxa relativa de crescimento (no caso presente de redução de y);

xc= valor de x (potencial hídrico) que proporciona uma redução no valor máximo da característica em 50%, corresponde ao potencial hídrico no ponto de inflexão da curva.

As análises estatísticas foram processadas nos softwares ESTAT e no Microcal Origin 6.0.

## **Resultados e Discussão**

Os dados da análise de variância (Quadrados Médios e CV) referentes aos efeitos isolados e interações sobre as características avaliadas encontram-se na Tabela 1.

As equações estimadoras das características avaliadas para os três lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidos a diferentes potenciais hídricos em PEG 6000, a 25 e 30 °C são apresentadas na Tabela 2 e nas Figuras de 1 a 6.

Tabela 1. Análise de variância para germinação ( $G$ ,  $\arcseno\sqrt{x/100}$ ), plântulas normais ( $PN$ ,  $\arcseno\sqrt{x/100}$ ), índice de velocidade de germinação ( $IVG$ ), comprimento de raiz ( $CR$ , cm) e de hipocótilo ( $CH$ , cm) e massa seca ( $MS$ , g/planta) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidos a diferentes potenciais hídricos em PEG 6000 sob as temperaturas de 25 e 30°C.

Fontes de variação	Quadrados Médios					
	LOTE 1					
	G	PN	IVG	CR	CH	MS
Temperatura (T)	132,13 <sup>ns</sup>	14,63 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	1,84**	0,77**	0,0000**
Potencial hídrico (PH)	11365,29**	10621,54**	189,04**	22,22**	16,88**	0,0001**
T X PH	143,39*	69,44 <sup>ns</sup>	2,83**	0,88**	0,19**	0,0000**
Resíduo	49,14	35,84	0,21	0,05	0,02	0,0000
Média	49,41	43,00	4,71	2,00	1,59	0,0043
CV (%)	14,19	14,92	9,73	11,18	8,89	10,03
	LOTE 2					
Temperatura (T)	105,40 <sup>ns</sup>	187,72*	0,99 <sup>ns</sup>	4,08**	0,31**	0,0000 <sup>ns</sup>
Potencial hídrico (PH)	9598,61**	9370,81**	133,47**	16,04**	14,81**	0,0001**
T X PH	28,25 <sup>ns</sup>	79,32*	1,26**	0,65**	0,08 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Resíduo	33,37	27,22	0,26	0,08	0,03	0,0000
Média	47,67	41,22	4,16	1,70	1,54	0,0039
CV (%)	12,12	12,67	12,26	16,64	11,25	10,44
	LOTE 3					
Temperatura (T)	129,26 <sup>ns</sup>	421,93**	4,44**	7,36**	0,36**	0,0000 <sup>ns</sup>
Potencial hídrico (PH)	10565,26**	8597,98**	183,68**	26,03**	16,61**	0,0001**
T X PH	91,98*	139,31**	1,22*	0,86**	0,16**	0,0000**
Resíduo	34,92	19,08	0,36	0,07	0,03	0,0000
Média	43,90	38,88	4,62	2,15	1,55	0,0039
CV (%)	13,46	11,23	12,98	12,31	11,17	9,09

\* e \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F. ns – não significativo

Tabela 2. Equações quem estimam a germinação ( $G, \arccoseno\sqrt{x/100}$ ), plântulas normais (PN,  $\arccoseno\sqrt{x/100}$ ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR, cm) e de hipocótilo (CH, cm) e massa seca (MS, g/planta) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. submetidos a diferentes potenciais hídricos (-MPa) em PEG 6000 sob as temperaturas de 25 e 30°C.

Equação	R <sup>2</sup>
<b>Germinação (G)</b>	
<b>25°C</b>	
$L_1 = 83,8400 + 64,9655x - 190,5559x^2 + 73,8079x^3$	0,98
$L_2 = 80,28579/(1 + e^{6,17166(x - 0,96137)})$	0,99
$L_3 = 79,2823/(1 + e^{8,75691(x - 0,88606)})$	0,99
<b>30°C</b>	
$L_1 = 81,86159/(1 + e^{10,68047(x - 0,90555)})$	0,99
$L_2 = 79,21209/(1 + e^{6,46156(x - 0,89898)})$	0,99
$L_3 = 79,37958/(1 + e^{6,09546(x - 0,8278)})$	0,97
<b>Plântulas normais (PN)</b>	
<b>25°C</b>	
$L_1 = 77,05131/(1 + e^{10,29298(x - 0,84417)})$	0,99
$L_2 = 71,22708/(1 + e^{12,06629(x - 0,94071)})$	0,98
$L_3 = 71,11686/(1 + e^{17,39336(x - 0,90469)})$	0,99
<b>30°C</b>	
$L_1 = 73,92978/(1 + e^{10,997100(x - 0,91148)})$	0,98
$L_2 = 72,1842/(1 + e^{7,90942(x - 0,83255)})$	0,99
$L_3 = 64,6616 + 80,8226x - 224,4354x^2 + 94,6187x^3$	0,99
<b>Índice de Velocidade de Germinação (IVG)</b>	
<b>25°C</b>	
$L_1 = 12,19681/(1 + e^{5,4681(x - 0,55097)})$	0,98
$L_2 = 10,05864/(1 + e^{4,67963(x - 0,67124)})$	0,98
$L_3 = 11,89792/(1 + e^{5,99911(x - 0,64219)})$	0,99
<b>30°C</b>	
$L_1 = 17,31741/(1 + e^{2,78453(x - 0,25829)})$	0,95
$L_2 = 13,25962/(1 + e^{3,09606(x - 0,32592)})$	0,96
$L_3 = 12,35059/(1 + e^{4,11757(x - 0,47983)})$	0,99
<b>Comprimento de Raiz (CR)</b>	
<b>25°C</b>	
$L_1 = 4,67116/(1 + e^{3,2748(x - 0,70894)})$	0,83
$L_2 = 3,9869 - 2,6547x$	0,82
$L_3 = 4,00155/(1 + e^{20,63301(x - 0,96685)})$	0,90
<b>30°C</b>	
$L_1 = 2,7/(1 + e^{142,56005(x - 1,03734)})$	0,87
$L_2 = 2,8214 - 1,8785x$	0,75
$L_3 = 3,7181/(1 + e^{3,4626(x - 0,69567)})$	0,88
<b>Comprimento de Hipocótilo (CH)</b>	
<b>25°C</b>	
$L_1 = 3,41716/(1 + e^{4,75065(x - 0,61556)})$	0,99
$L_2 = 3,22859/(1 + e^{4,23423(x - 0,6863)})$	0,97
$L_3 = 3,26529/(1 + e^{5,55393(x - 0,66218)})$	0,99
<b>30°C</b>	
$L_1 = 3,48454/(1 + e^{4,66767(x - 0,76165)})$	0,95
$L_2 = 3,13995/(1 + e^{6,41606(x - 0,76212)})$	0,99
$L_3 = 3,66429/(1 + e^{3,95958(x - 0,67018)})$	0,96

Continua...

Tabela 2. ...continuação...

	Massa Seca de Plântulas (MS)	R <sup>2</sup>
<b>25°C</b>		
L <sub>1</sub>	$0,00745 / (1 + e^{6,44067(x - 0,84185)})$	0,98
L <sub>2</sub>	$0,00646 / (1 + e^{7,55469(x - 0,91829)})$	0,95
L <sub>3</sub>	$0,00719 / (1 + e^{7,23487(x - 0,8199)})$	0,99
<b>30°C</b>		
L <sub>1</sub>	$0,00827 / (1 + e^{6,47143(x - 0,88761)})$	0,95
L <sub>2</sub>	$0,00627 / (1 + e^{18,74804(x - 0,97224)})$	0,94
L <sub>3</sub>	$0,00635 / (1 + e^{15,34254(x - 0,95634)})$	0,95

De um modo geral, a germinação das sementes provenientes dos três lotes decresceu à medida que o potencial hídrico diminuiu em ambas as temperaturas. A 25 e 30°C, os lotes apresentaram alta germinação (acima de 80%) até o potencial de -0,6 MPa, com exceção do lote 3, a 30°C que atingiu 70% (Figura 1). A partir de -0,6 MPa, verificou-se queda acentuada na germinação até o potencial hídrico de -1,2 MPa. Neste potencial, a germinação ocorreu, apenas sob a temperatura de 25°C, e a -1,5 MPa, não houve protrusão de raiz primária. A 25°C, até o potencial de -0,6 MPa, houve uma superioridade do L<sub>1</sub> em relação aos demais, comportamento também verificado a 30°C. Nesta temperatura, até o potencial de -0,9 MPa, o lote 1 se sobressaiu, seguido dos lotes 2 e 3.

Independentemente do potencial hídrico usado, a utilização de PEG promoveu grande incidência de fungos. Segundo BEWLEY & BLACK (1994), a hidratação da semente conduz à liberação de solutos (açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons) que, por sua vez, estimula o crescimento de patógenos, causando a morte das sementes. Sob potenciais osmóticos mais negativos a absorção de água se processa de forma lenta, com baixa taxa de respiração (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Para que ocorra o processo germinativo é necessária energia advinda da respiração, se esta é baixa, não vai haver energia suficiente para desencadear o processo germinativo. Em *Adenantha pavonina* L., as sementes germinaram até o potencial osmótico de -0,4 MPa (FONSECA & PEREZ, 2003).

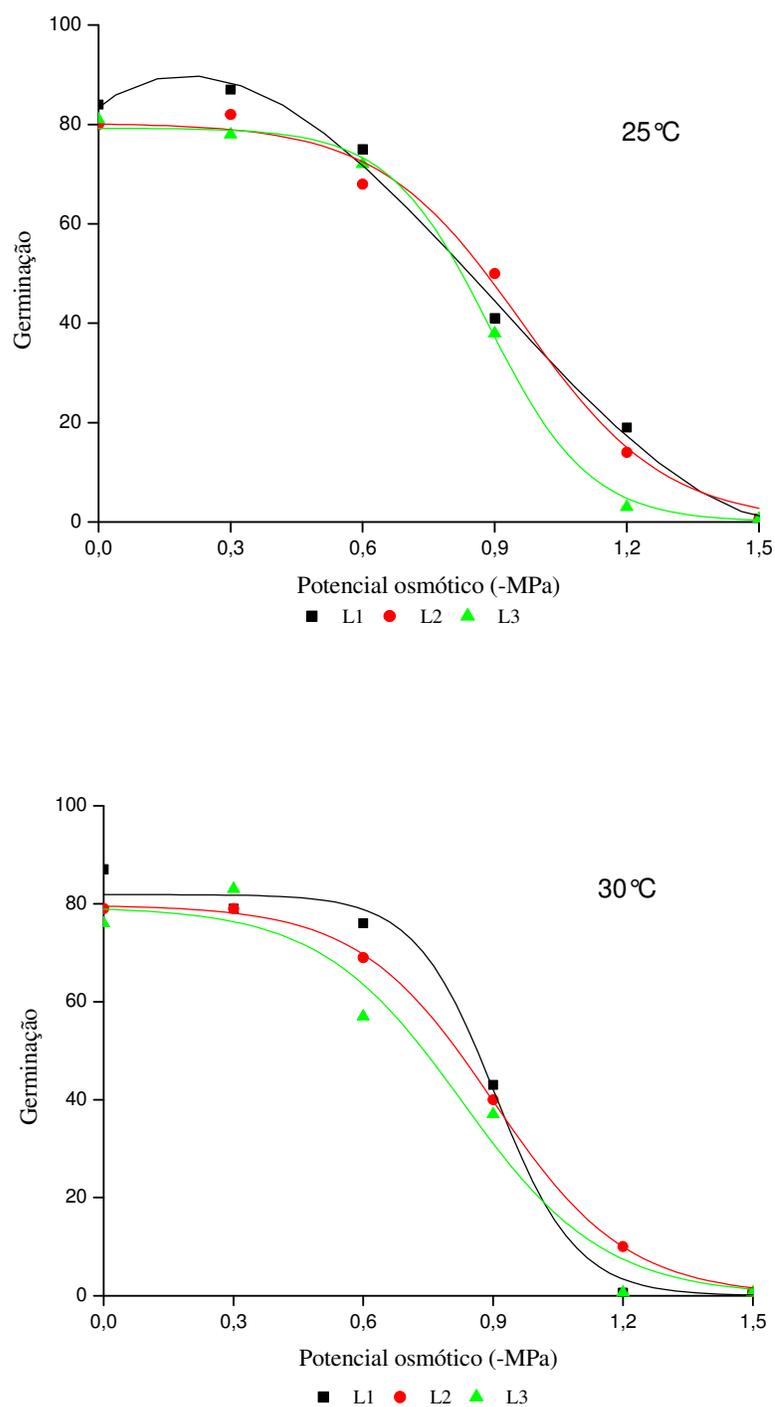


Figura 1. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de três lotes de sementes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) submetidos a diferentes potenciais hídricos (-MPa) induzidos com PEG 6000 sob temperaturas de 25 e 30°C.

Verificou-se na temperatura de 25°C valores elevados de plântulas normais (75%) para todos os lotes até o potencial osmótico de -0,6 MPa, com decréscimos acentuados até -1,2 MPa, a partir do qual onde não se observou a presença de plântulas normais (Figura 2).

Sob a temperatura de 30°C o L<sub>3</sub> manifestou menor qualidade fisiológica em termos de germinação e desenvolvimento de plântulas normais, portanto, mais sensível ao estresse hídrico. Em sementes de *Brassica napus* L., ÁVILA et al. (2007) encontraram redução significativa na germinação e no número de plântulas normais quando as sementes foram submetidas a potenciais osmóticos inferiores a -1,0 MPa, com a utilização de manitol, apresentando valores próximos de zero. Em sementes de leguminosas, HADAS (1976) citado por ÁVILA et al. (2007) atribui a diminuição da germinação dessas sementes quando submetidas a estresse hídrico à redução da atividade enzimática e, conseqüentemente, do menor desenvolvimento meristemático.

Em ambas as temperaturas, o IVG (Figura 3) diminuiu à medida que o potencial hídrico se tornava mais negativo, sendo essa redução na velocidade mais acentuada para os três lotes de sementes na temperatura de 30°C. O lote 2 sofreu maior redução em relação aos demais até o potencial de -0,9 MPa na temperatura de 30°C. O estresse hídrico é capaz de reduzir tanto a porcentagem como a velocidade de germinação. As respostas das sementes a essas condições de estresse são as mais variadas possíveis, desde aquelas mais sensíveis, até as mais tolerantes (BEWLEY & BLACK, 1994; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Sementes de *Pterogyne nitens* Tul., por exemplo, incubadas em soluções de PEG, tiveram sua germinabilidade e velocidade de germinação diminuídos em potenciais hídricos a partir de -0,6 e -0,4 MPa, respectivamente (NASSIF & PEREZ, 1997). Em sementes de *Plantago ovata* Forsk., o estresse hídrico induzido por PEG 6000 reduziu a porcentagem e velocidade de germinação das sementes nos potenciais a partir de -0,2 MPa, sendo totalmente inibida nos potenciais de -0,6 e -0,8 MPa (SOUSA et al., 2008). Já as sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke), apresentaram um limite de tolerância ao estresse hídrico muito pequeno, entre -0,2 e -0,3 MPa (BRAGA et al., 2008). *Senna spectabilis* (DC.) Irwin et Barn é considerada por

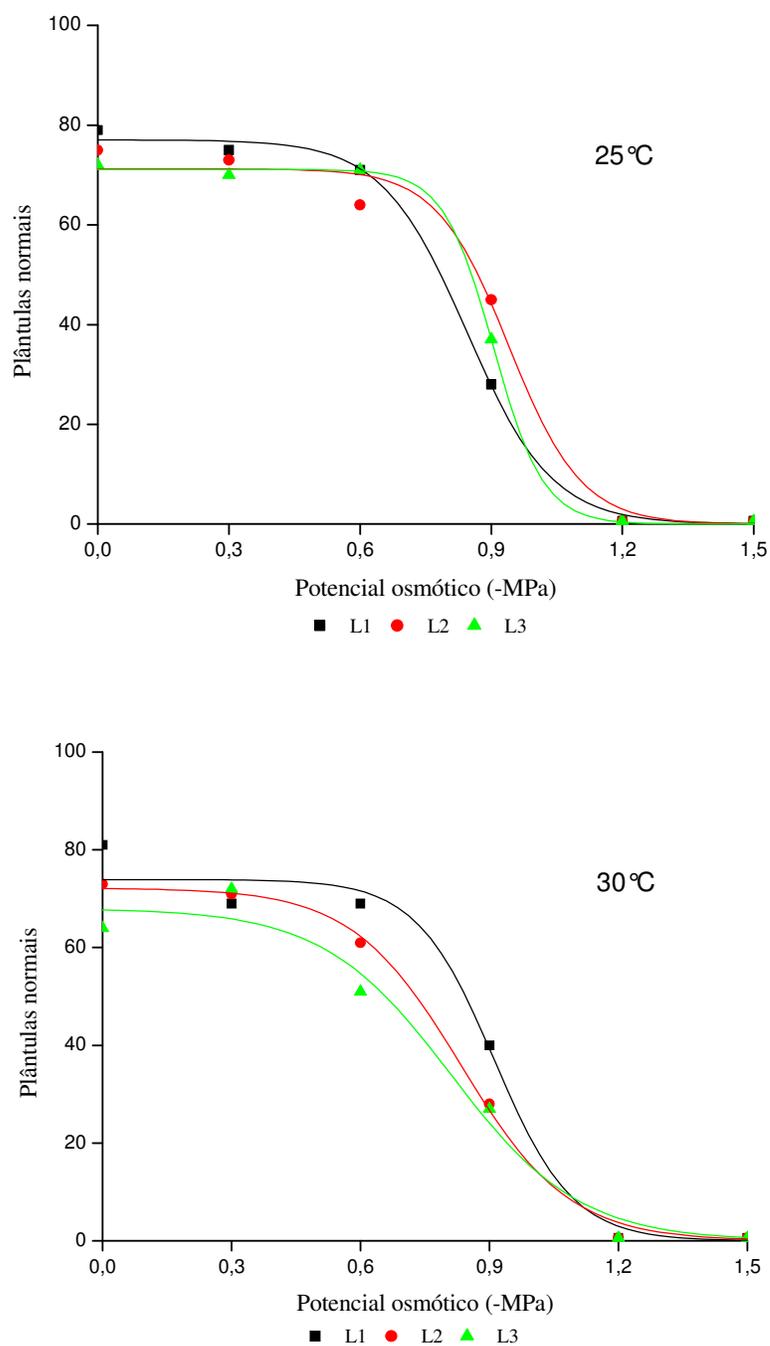


Figura 2. Plântulas normais de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de três lotes de sementes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) submetidos a diferentes potenciais hídricos induzidos (-MPa) com PEG 6000 sob temperaturas de 25 e 30 °C.

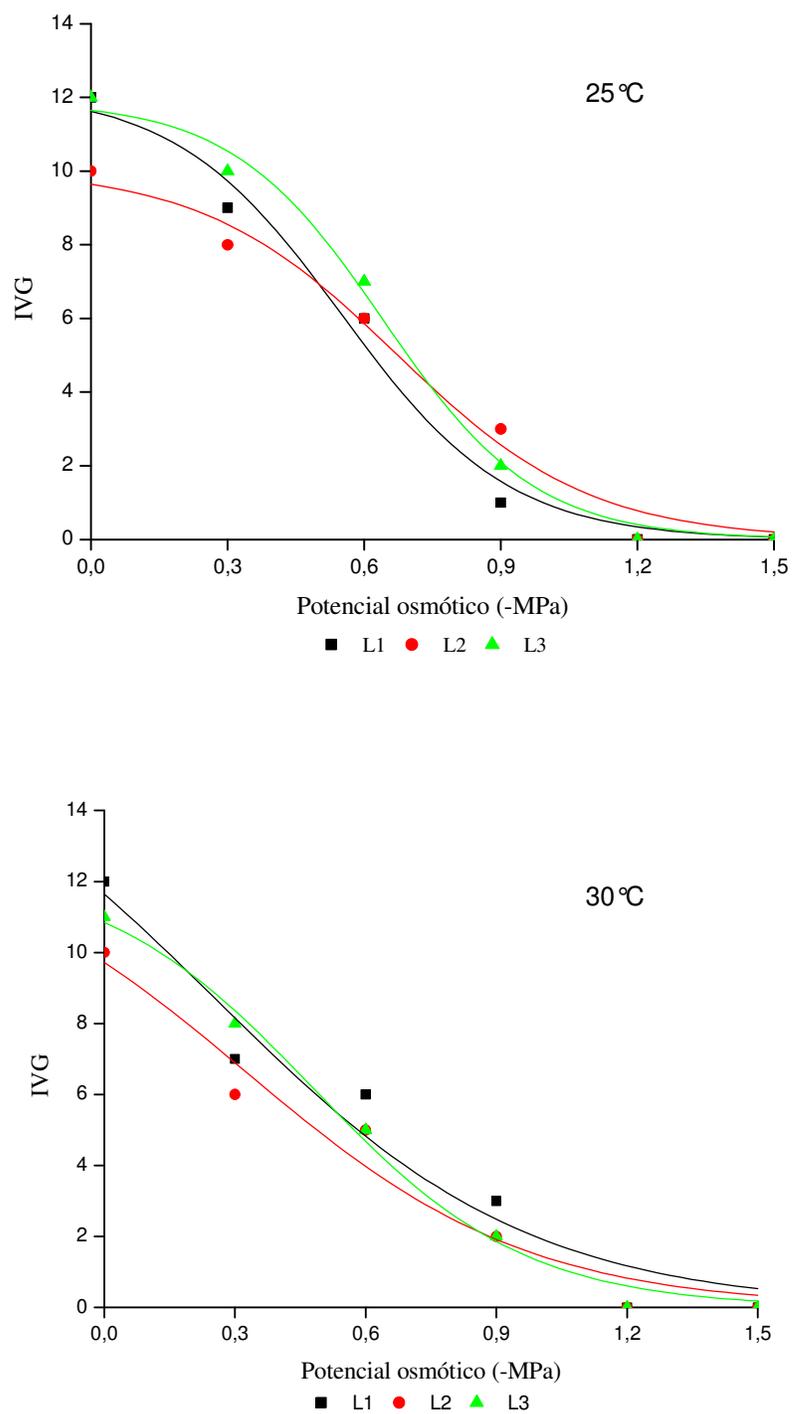


Figura 3. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de três lotes de sementes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) submetidos a diferentes potenciais hídricos (-MPa) induzidos com PEG 6000 sob temperaturas de 25 e 30°C.

JELLER & PEREZ (2001), como uma espécie pouco tolerante ao estresse hídrico, pois o limite máximo de germinabilidade das sementes encontra-se a -0,7 MPa, com ausência de germinação a -0,8 MPa com a utilização de PEG 6000.

Para o comprimento de raiz (CR) primária das plântulas (Figura 4), apenas o lote 2 em ambas as temperaturas, apresentou comportamento linear com desempenho inferior em relação aos demais lotes. Essa redução no CR foi mais severa sob a temperatura de 30°C. Observou-se que à medida que foi reduzindo o potencial hídrico da solução, ocorreu uma tendência de aumento no comprimento de raiz das plântulas dos três lotes a partir do potencial osmótico de -0,3 até -0,6 MPa, em ambas as temperaturas, e para o lote 2 na temperatura de 25°C, até -0,9 MPa, em detrimento da parte aérea. Segundo ÁVILA et al. (2007), este efeito se deve ao fato de que plantas submetidas ao estresse hídrico apresentam maior desenvolvimento do sistema radicular para poder absorver água em maiores profundidades. Como não ocorreu germinação a -1,5 MPa e nem desenvolvimento de plântulas normais a -1,2 MPa, o valor de CR foi zero.

Quanto ao comprimento de hipocótilo (CH) (Figura 5) as plântulas pertencentes aos três lotes se comportaram de forma similar dentro de cada temperatura, ou seja, apresentando decréscimo no CH à medida que o potencial hídrico diminuiu. Na temperatura de 30 °C, essa redução no CH foi mais suave até o potencial de -0,6 MPa. ÁVILA et al. (2007) observaram redução no CH de plântulas de *Brassica napus* L., à medida que ocorreu aumento da concentração da solução osmótica. A -0,5 MPa, a redução no CH foi de aproximadamente 50% em relação ao controle (0,0 MPa). Segundo BEWLEY & BLACK (1994), a baixa disponibilidade de água, além de afetar a embebição, a velocidade e a percentagem de germinação, reduz o crescimento das plantas, pela diminuição da expansão celular. O processo de alongamento celular e a síntese de parede são muito sensíveis ao estresse hídrico e a redução do crescimento seria causada por um decréscimo na turgescência dessas células.

Em relação à massa seca (MS) (Figura 6) o lote 1 apresentou superioridade em relação aos demais lotes nas duas temperaturas até o potencial de -0,6 MPa,

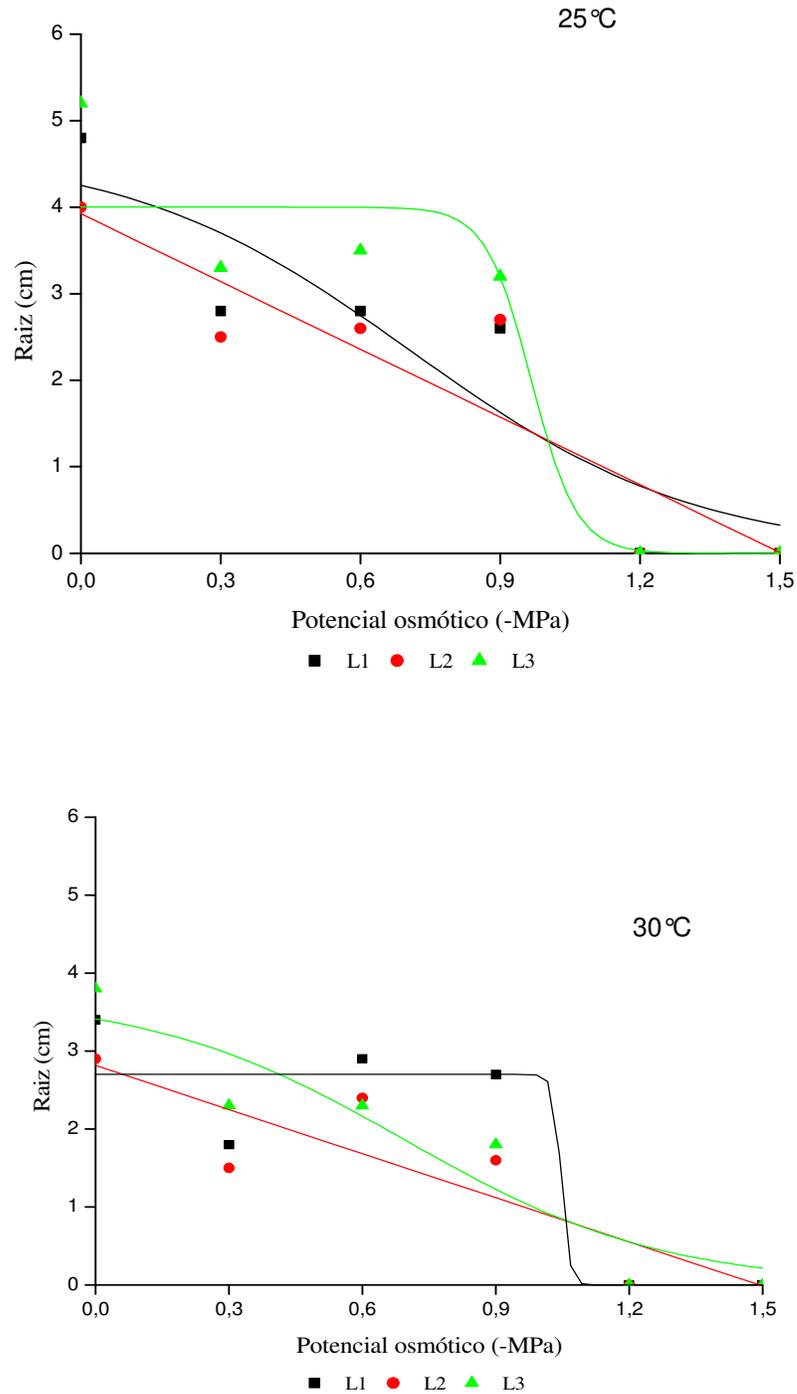


Figura 4. Comprimento de raiz (cm) de plântulas de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de três lotes de sementes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) submetidos a diferentes potenciais hídricos (-MPa) induzidos com PEG 6000 sob temperaturas de 25 e 30°C.

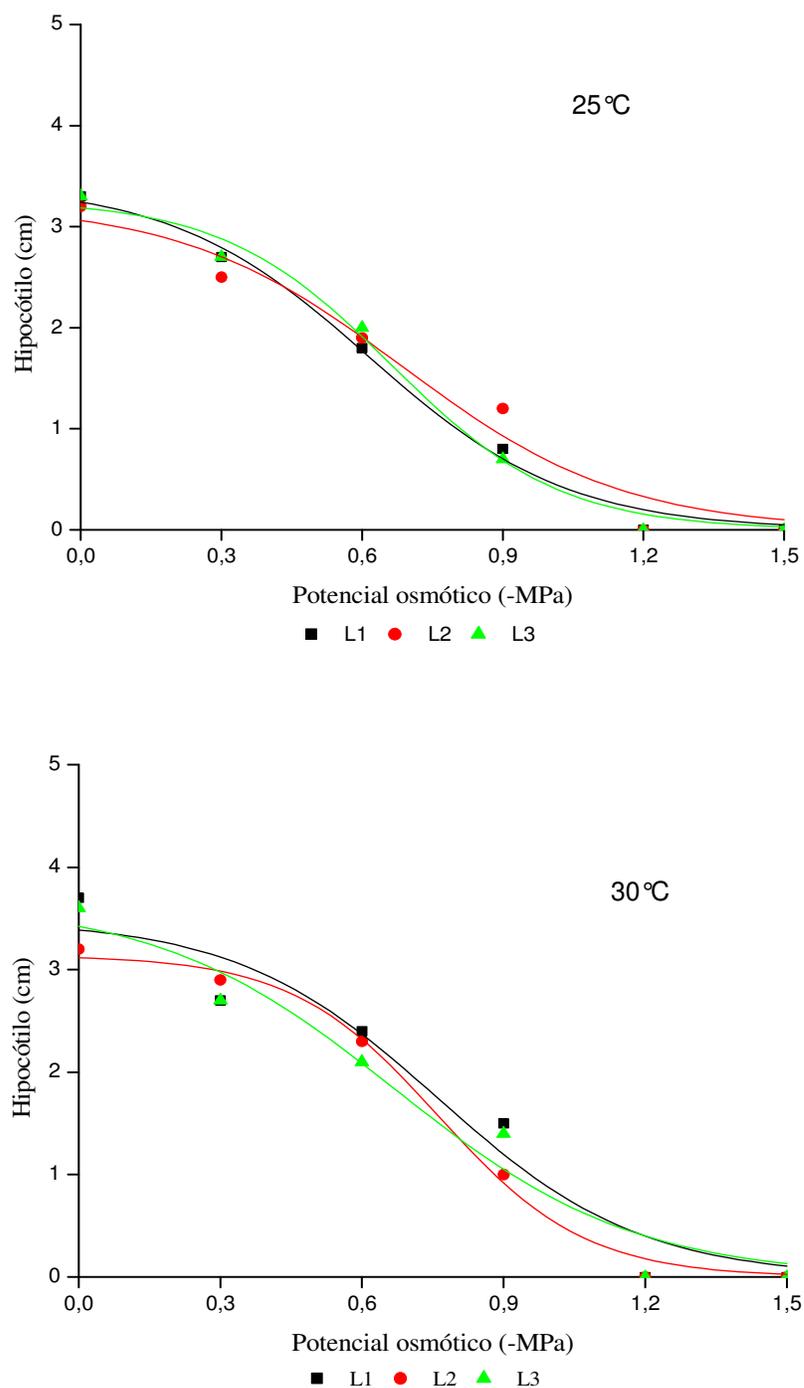


Figura 5. Comprimento de hipocótilo (cm) de plântulas de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de três lotes de sementes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) submetidos a diferentes potenciais hídricos (-MPa) induzidos com PEG 6000 sob temperaturas de 25 e 30°C.

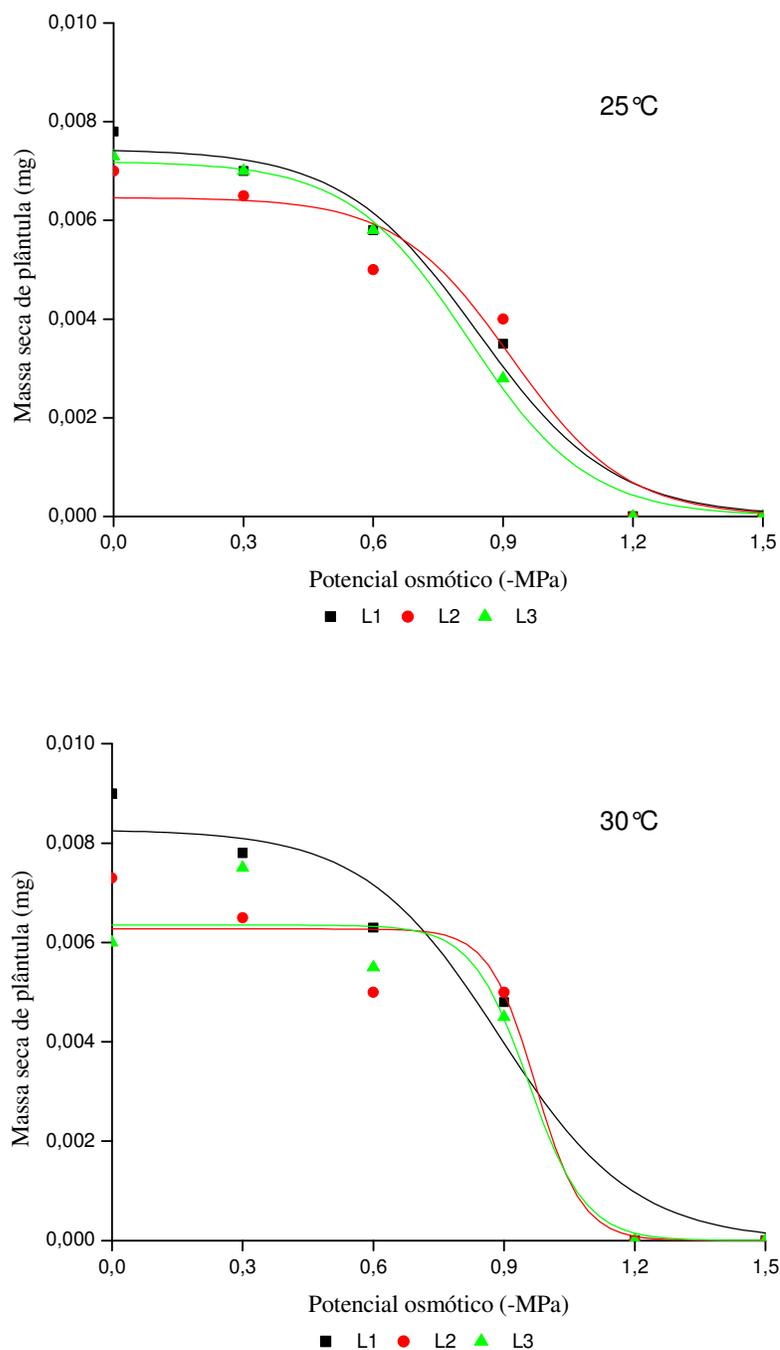


Figura 6. Massa seca de plântulas (mg) de plântulas de *Piptadenia moniliformis* Benth. provenientes de três lotes de sementes (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) submetidos a diferentes potenciais hídricos (-MPa) induzidos com PEG 6000 sob temperaturas de 25 e 30°C.

verificando-se a partir daí, diminuição nos valores de MS com a redução do potencial hídrico. A redução da massa seca de plântulas em função da restrição hídrica se dá devido à demanda dos processos fisiológicos e biológicos ou pela dificuldade de hidrólise e a mobilização das reservas armazenadas nas sementes (BEWLEY & BLACK, 1994). BRACCINI et al. (1996; 1997) trabalhando com sementes de soja encontraram redução progressiva na massa seca de plântulas em diferentes lotes.

A diminuição nos valores das características avaliadas à medida que o potencial hídrico decresce está associada à redução da quantidade de água absorvida pelas sementes, desencadeando um processo inibitório na síntese e ou atividade de enzimas hidrolíticas necessárias à germinação. Desta maneira, a restrição hídrica ao afetar o alongamento celular e a síntese de parede, compromete os processos fisiológicos e bioquímicos das sementes (MORAES & MENEZES, 2003), fazendo com que a germinação ocorra ou não, de modo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo abaixo do qual a germinação não ocorre.

## **Conclusões**

O processo germinativo de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. é comprometido a partir de potenciais hídricos inferiores a -0,6 MPa em PEG 6000 nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Potenciais hídricos iguais ou inferiores a -1,2 MPa inibem a formação de plântulas normais de *Piptadenia moniliformis* Benth. em soluções de PEG 6000 a 25 e 30 °C

A tolerância de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. ao estresse hídrico simulado com PEG 6000 é variável entre lotes e temperaturas de germinação.

## Referências

AVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIN, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Prenum Press, 1994. 445 p.

BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol, e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 10-16, 1996.

BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; ROCHA, V. S. T. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19 n. 1, p. 71-79, 1997.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; CESARO, A. S.; LIMA, G. P. P. P.; GONÇALVES, A. N. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 157-163, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

FONSECA, C. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Ação do polietilenoglicol na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 1-16, 2003.

HEYDECKER, W. Stress and seed germination: an agronomic view. In: KHAN, A. A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1977. p. 237-282.

HARDEGREE, S. P.; EMMERICH, W. E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1994.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 93-104. 2001.

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

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4. ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 210 p.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.

NASSIF, S. M. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de amendoim do campo (*Pterogyne nitens* Tul. – Fabaceae – Caesalpinoideae) submetidas a diferentes condições de estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 143–150, 1997.

PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola 'Optima' estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 470-475, 2006.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (Timbó). **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

SILVA, M. C. C. **Fenologia, maturação fisiológica e aspectos da germinação de sementes de *Platymiscium floribundum* Vog. no Parque Estadual Alberto Lögren.** 2005. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências - Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SOUSA, M. P.; BRAGA, L. F.; BRAGA, J. F.; DELACHIAVE, M. E. A. Estresse hídrico e salino no processo germinativo das sementes de *Plantago ovata* Forsk. (Plantaginaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 33-38, 2008.

SOUZA, G. M.; CARDOSO, V. J. M. Efects of different environmental stress on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, n. 3, p. 621-630, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VILLELA, F. M.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)