

JAKSON DOMINGOS DE OLIVEIRA



SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE MUCUNA PRETA
(Stizolobium aterrimum)

RIO BRANCO - AC

2013

JAKSON DOMINGOS DE OLIVEIRA

SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE MUCUNA PRETA
(Stizolobium aterrimum)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Josué Bispo da Silva

RIO BRANCO - AC

2013

©OLIVEIRA, J. D., 2013.

OLIVEIRA, Jakson Domingos de. **Superação de dormência em sementes de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*)**. Rio Branco, 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação Produção Vegetal. Universidade Federal do Acre, 2013.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

O48s Oliveira, Jakson Domingos de.

Superação de dormência em sementes de mucuna preta
(*Stizolobium aterrimum*) / Jakson Domingos de Oliveira. – 2013.

61 f. : il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Rio Branco,
2013.

Bibliotecária: Vivyanne Ribeiro das Mercês Neves CRB-11/600

JAKSON DOMINGOS DE OLIVEIRA

**SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES
DE MUCUNA PRETA (*Stilolobium aterrimun*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

APROVADA em 30 de julho de 2013



Prof. Dr. Josué Bispo da Silva
Universidade Federal do Acre
Orientador



Prof. Dr. Vanderley Borges dos Santos
Universidade Federal do Acre
Membro



Dr. Jacson Rondinelli da Silva Negreiros
Embrapa Acre
Membro

RIO BRANCO - AC
2013

A toda minha família
Pelo apoio para vencer mais este desafio
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por ter sempre me colocado nos melhores caminhos.

Aos meus pais Paulo Soares de Oliveira e Nazaré Domingos de oliveira pela minha existência.

A minha esposa Mayra Mariana pelo amor, carinho, incentivo e paciência direcionada a mim nesse desafio.

Aos meus irmãos Romoaldo, Ronaldo, Valcívrio, Valdiro, Alcemira, Antônia Valcemira, Iris, Jaqueline e Valmira pelos incentivos, apoio e carinho.

Aos meus grandes amigos da graduação Adriana Corrêa, Aluízio Rodrigo, Christiane Moraes, Eleandro Dapont, Érika Suelen, Gustavo Araújo, João Paulo Maia, Jorge Luiz, Naiana Pontes, Paula Gisele e Tatiane Almeida.

Aos meus amigos da Pós-graduação Aliny Alencar, Altenira Galvão, Deborah Verçosa, Denis Borges, Faelen Tais, Igor Honorato, Irene Ferro, Luiz Emílio, Magnum Marinelli, Paulo Beber, Rafael Clemêncio, Roberto Custódio, Waldiane Araújo e Williane Maria pelo companheirismo e ajuda.

Ao meu orientador Prof. Dr. Josué Bispo da Silva pela confiança, paciência e amizade, dispensados a mim durante toda pesquisa e pelos valiosos ensinamentos transmitidos.

A Universidade Federal do Acre - UFAC pela oportunidade de realização do mestrado, em especial aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelas informações recebidas e conhecimentos adquiridos em suas disciplinas.

Ao Programa de Apoio de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de estudo.

Aos membros da banca examinadora pela análise crítica deste trabalho bem como pelas valiosas sugestões apresentadas.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que fosse possível a realização do trabalho de pesquisa, a elaboração da dissertação e a conclusão deste curso.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende”.

Leonardo da Vinci

RESUMO

O emprego da mucuna preta tem sido visualizado como uma excelente tecnologia ao processo de preparo e manejo do solo, uma vez que esta espécie possui capacidade de fixação biológica de nitrogênio, fornecimento de matéria orgânica e aeração do solo, melhorando suas características físicas, químicas e biológicas. No entanto, apresenta sementes dormentes quando recém-colhidas, dificultando sua implantação. A determinação de métodos eficientes na superação da dormência representa grandes avanços, visto que não haverá a necessidade de armazenar as sementes por longos períodos, que pode ser semeadas logo após a colheita. Assim, o objetivo do trabalho foi selecionar os melhores tratamentos para superação da dormência em semente de mucuna preta, avaliando o desempenho das plântulas durante e após a emergência. O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos, cada um com quatro repetições de 25 sementes. Os tratamentos foram testemunha (T1), imersão em água aquecida a 60 °C (T2), a 80 °C (T3) e a 100 °C (T4), escarificação mecânica com esmeril elétrico por um segundo no lado oposto ao hilo (T5) e na região distal da semente (T6), escarificação com ácido sulfúrico a 98% por cinco (T7), 10 (T8) 15 (T9), 20 (T10), 25 (T11), 30 (T12) e 35 (T13) minutos e exposição ao sol por cinco (T14), 10 (T15) e 15 (T16) horas. As avaliações ocorreram por meio do teste de emergência (%), tempo médio de emergência, índice de velocidade de emergência, frequência relativa e massa da matéria seca das plântulas. Após a coleta dos dados, foi realizada a verificação da normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, em seguida, foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste Scott-Knott. As sementes de mucuna preta apresentam dormência, que pode ser superada por meio da fricção contra um esmeril elétrico por um segundo na região distal da semente ou com imersão em ácido sulfúrico (H₂SO₄ 98%) por 10, 15, 20, 25 ou 30 minutos.

Palavras-chave: Qualidade fisiológica. Vigor. Emergência. Frequência relativa.

ABSTRACT

The employment velvet bean has been visualized as an excellent technology the preparation process and soil management, once this species has the capacity of biological nitrogen fixation, supply of organic matter and soil aeration, improving their physical, chemical and biological. However, presents dormant seeds when freshly harvested, hampering its implantation. The determination of effective methods to overcome dormancy represents great advances, seeing that there will be not the need to store the seeds for long periods, can be sown soon after harvest. Thus, the objective of the work was to select the best treatments to overcome dormancy in velvet bean seed, evaluating the performance of the seedlings during and after emergence. The experiment was a completely randomized design with 16 treatments each with four repetitions of 25 seeds. The treatments were control (T1), Immersion in water heated to 60 °C (T2) at 80 °C (T3) and 100 °C (T4), mechanical scarification with electric emery for a second on the opposite the hilum (T5) and in the distal region of the seed (T6), scarification with sulfuric acid 98% for five (T7), 10 (T8) 15 (T9), 20 (T10), 25 (T11), 30 (T12) and 35 (T13) minutes and exposure to the sun (T14), 10 (T15) and 15 (T16) hours. The evaluations occurred through emergence test, time mid of emergence, index of velocity of emergence, relative frequency and dry matter mass of seedling. After collecting the data, was performed the verification the normality of the residuals and homogeneity of variances, then, the results were submitted the analysis of variance and their means compared by the Scott-Knott test. The velvet bean seeds present dormancy, which can be overcome by means of friction against an electric emery for a second in the distal region of the seed or immersion in sulfuric acid (H₂SO₄ 98%) for 10, 15, 20, 25 or 30 minutes.

Keywords: Quality physiological. Force. Emergence. Relative frequency.

LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1 - Emergência de plântulas de mucuna preta em função do tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico..... 37
- GRÁFICO 2 - Índice de velocidade de emergência de plântulas de mucuna preta em função do tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico..... 38
- GRÁFICO 3 - Tempo médio de emergência de plântulas de mucuna preta em função do tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico.... 39

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1A - Distribuição da frequência relativa de emergência de plântulas de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência..... 43
- FIGURA 1B - Distribuição da frequência relativa de emergência de plântulas de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência..... 44

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Médias da emergência de plântulas (EP), tempo média de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVE) provenientes de sementes de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência..... 34
- TABELA 2 - Médias da Massa de matéria seca da raiz (MMSR), da parte aérea (MMSPA) e total (MMST) resultantes da emergência de sementes de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência..... 41

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A - Resumo da análise de variância das variáveis, emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVE) provenientes de um experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos cada um com quatro repetições aplicados em sementes de mucuna preta para superar dormência..... 55
- APÊNDICE B - Resumo da análise de variância da porcentagem de emergência de plântulas (EP%), em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com tratamentos utilizando o ácido sulfúrico para superar a dormência em semente de mucuna preta..... 55
- APÊNDICE C - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de emergência (IVE), em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com tratamentos utilizando o ácido sulfúrico para superar a dormência em semente de mucuna preta..... 56
- APÊNDICE D - Resumo da análise de variância do tempo médio de emergência (TME), em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com tratamentos utilizando o ácido sulfúrico para superar a dormência em semente de mucuna preta..... 57
- APÊNDICE E - Resumo da análise de variância das variáveis massas de matéria seca da raiz (MMSR), da parte aérea (MMSPA) e total (MMST) provenientes de um experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos cada um com quatro repetições aplicados em sementes de mucuna preta para superar dormência..... 57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A -	Colônia Betânia local de condução do experimento.....	59
ANEXO B -	Cultivo da mucuna preta (A) e vagens no ponto de colheita (B)...	59
ANEXO C -	Bacia plástica (A), preparo do substrato com areia e subras® (B), sementes semeadas a dois centímetros de profundidade (C) e plântulas tutoradas (D).....	60
ANEXO D -	Procedimento para aquecimento da água (A) e sementes imersas até a água atingir temperatura ambiente (B).....	60
ANEXO E -	Escarificação da semente no lado oposto ao hilo (A) e na região distal da semente (B).....	61
ANEXO F -	Sementes imersas em ácido sulfúrico (A) e lavagem das sementes em água corrente (B).....	61
ANEXO G -	Sementes expostas à energia solar.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE.....	15
2.2 IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE.....	16
2.3 IMPORTÂNCIA DAS SEMENTES.....	17
2.4 GERMINAÇÃO DA SEMENTE.....	17
2.5 DORMÊNCIA EM SEMENTES.....	17
2.6 TIPOS DE DORMÊNCIA.....	18
2.7 SEMENTES DURAS.....	20
2.8 TRATAMENTOS PARA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES DURAS.....	21
2.8.1 Imersão em água aquecida.....	21
2.8.2 Escarificação mecânica.....	22
2.8.3 Escarificação com ácido sulfúrico.....	23
2.8.4 Uso de calor seco.....	23
2.9 TESTES DE VIGOR BASEADOS NO DESEMPENHO DE PLÂNTULAS....	24
2.9.1 Emergência de plântulas.....	24
2.9.2 Velocidade de emergência de plântulas.....	25
2.9.3 Massa de matéria seca de plântulas.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 OBTENÇÃO DE SEMENTES.....	26
3.2 TEOR DE ÁGUA.....	26
3.3 TRATAMENTOS UTILIZADOS.....	27

3.3.1 Testemunha (controle).....	27
3.3.2 Imersão em água aquecida.....	28
3.3.3 Escarificação mecânica com esmeril.....	28
3.3.4 Escarificação com ácido sulfúrico.....	28
3.3.5 Exposição ao sol.....	29
3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS NO EXPERIMENTO.....	29
3.4.1 Emergência de plântulas (EP).....	29
3.4.2 Tempo médio de emergência (TME).....	30
3.4.3 Índice de velocidade de emergência (IVE).....	30
3.4.4 Frequência relativa de emergência (FR).....	31
3.4.5 Massa de matéria seca de plântulas.....	31
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
APÊNDICES.....	54
ANEXOS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, percebem-se fortes tendências para mudanças significativas na utilização do solo, em que os aspectos relativos à sustentabilidade ambiental e a criação de novas alternativas socioeconômicas vêm assumindo importância cada vez maior no meio rural.

A agricultura no Acre, na sua maioria, é praticada por pequenos agricultores com a utilização de baixa tecnologia. Nos últimos anos, os crescentes desmatamentos na amazônia e a necessidade de inserir ao processo produtivo as áreas modificadas pela ação antrópica, têm aumentado a demanda por tecnologias no preparo do solo sem que haja a necessidade de se derrubar a vegetação natural para aumentar o rendimento da propriedade.

Dentro desse contexto, o emprego de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) tem sido visto como importante alternativa de uso sustentado da terra, apresentando consideráveis vantagens, dentre elas, a fixação biológica de nitrogênio, a cobertura do solo, o fornecimento de matéria orgânica, levando à melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, além de ser excelente mecanismo em substituição ao uso do fogo.

Os agricultores utilizam a mucuna preta no manejo do solo, antes da implantação da cultura principal, reduzindo a pressão no promovido pelo preparo convencional, sobretudo em áreas de florestas. No entanto, os agricultores enfrentam dificuldades com sementes recém-colhidas dessa espécie, pela baixa capacidade de germinação. Um dos fatores que contribui para isso é a impermeabilidade do tegumento das sementes à água, determinada por vários fatores que agem conjuntamente, como idade e teor inicial de água.

A utilização de sementes dormentes de mucuna preta promove a distribuição temporal da germinação, o que atrasa o processo produtivo e leva a um maior risco de perda de sementes por deterioração. Pois, estas permanecem por longos períodos no solo, além de possuírem grande potencial de se tornar espécie invasora em cultivos posteriores, quando essa impermeabilidade é eliminada por condições

naturais do campo.

Dessa forma, para obter melhor uniformidade na germinação ou evitar que sementes fiquem no solo podendo germinar em épocas indesejáveis, deve-se realizar a superação da dormência.

A determinação de métodos eficientes na superação da dormência trará grandes benefícios aos produtores agrícolas da região, visto que não haverá a necessidade de armazenar sementes por longos períodos, podendo ser semeadas logo após a colheita.

Atualmente, constatam-se na literatura vários métodos para induzir à pronta germinação e os resultados encontrados são os mais diversificados possíveis, alguns concordantes e, outros discordantes, alternando conforme a espécie, idade da semente, tempos de aplicação, métodos utilizados e outras variáveis.

O estudo de métodos para quebra de dormência em sementes de mucuna preta é antigo, sendo encontrados na literatura vários tratamentos com resultados considerados satisfatórios. No entanto, esses tratamentos são passíveis de novos estudos, uma vez que existe variabilidade entre lotes de sementes, de metodologias e, conseqüentemente, de resultados.

O objetivo deste trabalho foi selecionar os melhores tratamentos para superação da dormência em sementes de mucuna preta, avaliando o desempenho das plântulas durante e após a emergência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento do Acre é voltado para uso racional dos recursos naturais e para o desenvolvimento agroindustrial dos produtos da floresta. Devido a esses fatores, o interesse por questões ambientais e por pesquisas sobre espécies agrônômicas têm aumentado consideravelmente, com maior ênfase para espécies com importância na preservação ambiental. Dentro deste contexto, a mucuna preta se apresenta como alternativa ao preparo convencional do solo, porém a germinação de suas sementes é desuniforme, indicando a necessidade de mais estudos para aperfeiçoar o plantio.

2.1 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE

A mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) pertence à família Fabaceae, sub-família Papilionidae. As plantas adultas possuem folhas trifoliadas, bractéolas presentes antes da antese, inflorescências axilares e flor papilionácea (GARCIA; MONTEIRO, 1997). Segundo Abud et al. (2009), o fruto é do tipo legume, de pericarpo seco, deiscente, polispérmico, alongado, apresentando ápice e base levemente arredondados, com bordo inteiro ou levemente ondulado, que apresentam tamanhos variados e coloração acinzentada. De acordo com o mesmo autor, as sementes são exalbuminosas, a maioria de formato reniforme a elíptico, com tecido de reserva cotiledonar, de coloração amarelada, com consistência firme, cotilédones lisos, de formato semi-elíptico, opostos e iguais.

A germinação é do tipo hipógea criptocotiledonar, pois os cotilédones permanecem no interior do substrato e envolvidos pelos tegumentos da semente.

A mucuna preta possui desenvolvimento vegetativo vigoroso e acentuada rusticidade, adaptando-se bem às condições de deficiência hídrica, temperaturas altas, acidez dos solos, além de ser ligeiramente resistente a encharcamento (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1999).

A época de semeadura é de outubro a fevereiro, com espaçamento de 50 cm entre linhas e sete sementes por metro linear, e a colheita é realizada com 180 a 240 dias após a semeadura (BRAGA et al., 2006). No Estado do Acre a semeadura é outubro a dezembro com a colheita das sementes de 6 a 8 meses após o plantio.

2.2 IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE

A mucuna preta é uma planta de grande exuberância vegetativa, apresentando importância econômica, social e ambiental na agricultura. É utilizada como adubação verde, com grande rendimento de fitomassa por unidade de área, produzindo cerca 35 toneladas de fitomassa verde por hectare, constituindo-se importante fonte de matéria orgânica (FERRAZ; LOPES, 2003; NASCIMENTO; SILVA, 2004).

A produtividade normal é de 6 a 8 toneladas de matéria seca por hectares e 1.000 a 1.500 kg/ha de sementes (BRAGA et al., 2006).

A mucuna preta possui crescimento inicial extremamente rápido e aos 58 dias após a emergência, tem-se a cobertura de 99% da superfície do solo (FAVERO et al., 2001), característica que a torna eficiente para reabilitar solos degradados e protegê-lo contra a erosão.

O crescimento indeterminado e herbáceo da mucuna confere alta capacidade de abafamento e agressividade sobre as plantas indesejáveis por ser superior na competição pelos fatores de crescimento, especialmente a luz (FAVERO et al., 2001). No entanto, esta espécie pode provocar interferências na produção de outra cultura subsequente, quando não manejada corretamente.

Esta espécie demonstra alto potencial na supressão de plantas espontâneas na área de cultivo, além de ter persistente ação inibitória sobre a tiririca (*Cyperus rotundus*) e outras espécies infestantes, como o picão preto (*Bidens pilosa*) (LORENZI, 1983). Além disso, Wutke (1993) observou que a mucuna preta é má hospedeira dos nematóides *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, e Procópio et al. (2005) verificaram a eficiência da espécie na remediação do herbicida trifloxysulfuron sodium no solo.

2.3 IMPORTÂNCIA DAS SEMENTES

A relação entre o homem e a natureza sofreu profunda modificação quando este percebeu a possibilidade da semente multiplicar a planta que lhe deu origem. De acordo com Marcos Filho (2005) as sementes constituem importantes funções na disseminação e garantia de sobrevivência das espécies, além de prestar relevante papel biológico.

A semente é caracterizada como sendo o material de reprodução vegetal de qualquer gênero, espécie ou cultivar, proveniente de reprodução sexuada ou assexuada, que tenha finalidade específica de semeadura. Do ponto de vista botânico, a semente é definida como a unidade de propagação de plantas superiores, resultantes de processo sexuada (MACHADO,1987).

2.4 GERMINAÇÃO DA SEMENTE

O processo de germinação da semente possui como principais eventos a embebição, ativação de enzimas, iniciação do crescimento do embrião, rompimento do tegumento e a emergência da plântula (RODRIGUES, 1988).

Os tecnólogos consideram a germinação da semente como o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, capaz de dar origem a uma plântula normal, enquanto para os botânicos é o fenômeno biológico de retomada de crescimento do embrião, com imediato rompimento do tegumento pela radícula (NASSIF et al., 1998).

2.5 DORMÊNCIA EM SEMENTES

Algumas sementes possuem a capacidade de germinar logo após a fertilização e antes do período normal de colheita, enquanto outras podem permanecer dormentes e exigirem longo período de repouso ou de desenvolvimento adicional antes que a germinação possa ocorrer (RODRIGUES, 1988).

Para Popinigis (1985) sementes dormentes são aquelas que, mesmo colocadas sob condições ambientais favoráveis, não germinam. Bewley e Black (1994) conceituam dormência como sendo o estado em que as sementes aptas a germinar suspendem temporariamente o processo de desenvolvimento até que todas as condições externas consideradas necessárias ao seu crescimento sejam atendidas. Não fugindo à regra, Carvalho e Nakagawa (2000) afirmam que dormência é o fenômeno pelo qual, sementes de uma determinada espécie, mesmo sendo viáveis e tendo todas as condições ambientais para tanto, deixam de germinar.

O estado de dormência não deve ser confundido com o de quiescência, que é um estado de repouso, em que a semente, estando viável, é facilmente superável, simplesmente com o fornecimento das condições ambientais necessárias. Por exemplo, sementes de milho, em estado quiescente, começam imediatamente o processo germinativo assim que lhe forneçam níveis adequados de umidade, temperatura e oxigênio. Já sementes de mucuna preta, ainda que sadias e vigorosas, não germinarão mesmo quando umidade, temperatura e oxigênio estejam em quantidades ideais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Segundo Toledo e Marcos Filho (1977) o período de dormência pode ser temporário ou estender-se durante muito tempo, até que certa condição especial seja preenchida.

A dormência em sementes de certas plantas silvestres e de espécies cultivadas, tidas como viáveis, pode trazer sérios transtornos aos agricultores. No primeiro caso é difícil o controle de invasoras cujas as sementes ficam no solo à espera de uma oportunidade para germinar; no segundo, essas espécies exigem tratamentos especiais para a quebra da dormência e o uso de métodos inadequados representam aumentos no custo de produção ou prejuízos (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977).

2.6 TIPOS DE DORMÊNCIA

São amplamente conhecidos dois tipos de dormência: a natural ou primária e a induzida ou secundária. A natural é uma característica da espécie, sempre ocorre

de ano para ano ou de local para local, em alguns casos, pode ser superada por simples armazenamento da semente seca por determinado tempo. As sementes com esse tipo de dormência, imediatamente após a colheita não germinam.

A dormência secundária é um tipo que ocorre por indução de uma condição ambiental especial, sendo geralmente induzida quando são dadas às sementes todas as condições favoráveis à sua germinação, exceto uma (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; POPINIGIS, 1985).

A germinação das sementes é bloqueada por diversos fatores, dentre os quais podem ser citados interferência na absorção de água e nas trocas gasosas, impedimento mecânico e presença de inibidores. Nas sementes de mucuna preta um fator decisivo para redução da germinação é a impermeabilidade do tegumento a água (MARCOS FILHO, 2005).

Para Baskin e Baskin (1998) a impermeabilidade do tegumento é resultante de uma ou mais camadas de células impermeáveis, dispostas em paliçada, com paredes secundárias espessas, sendo constituídas na sua maioria de células chamadas macroesclereídeos.

As sementes da família leguminosa apresentam na testa, camadas de um tecido chamado osteosclereides, que impede a entrada de água e oxigênio, podendo atrasar a germinação por vários anos (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977). Neste sentido, Ferreira e Borghetti (2004) reafirmam que a principal resistência à entrada de água nas sementes de plantas dessa família é conferida pela testa, que apresenta uma camada de células paliçádicas com paredes secundárias grossas e lignificadas, chamadas esclereídeos, impregnadas com substâncias de natureza hidrofóbica, tais como lipídeos, suberina, cutina, substâncias pécticas e lignina.

Bewley e Black (1994) observaram que o mecanismo de dormência comum entre espécies de leguminosas está relacionado com a deposição de substâncias na testa e no pericarpo da semente. Assim, Sahai e Pal (1995) afirmam que a forte barreira à entrada de água pode ser em razão da presença de pectina na parte superior das células paliçádicas.

Segundo Marbach e Mayer (1974) algumas leguminosas apresentam relação

entre coloração do tegumento e permeabilidade a água, em que a oxidação de substâncias fenólicas induz a liberação de compostos participantes no processo de escurecimento tegumentar e, conseqüentemente, a sua impermeabilização. Essa mudança de coloração foi também verificada por Nakagawa et al. (2005) em sementes de mucuna preta de diferentes estádios de maturação, com secagem no interior de vagens, como resultado provavelmente da oxidação de substâncias fenólicas do tegumento durante o processo de secagem, originando compostos de coloração escura que contribuem para impermeabilização.

2.7 SEMENTES DURAS

Sementes duras são as que permanecem sem absorver água por período maior que o normal. Este fenômeno é motivado pela impermeabilidade do tegumento das sementes à água, sendo, portanto, um tipo de dormência (BRASIL, 2009).

Em virtude da impermeabilidade do tegumento, sementes de leguminosas podem apresentar grande longevidade.

As características do tegumento contribuem para que a estrutura interna da semente permaneça com baixa disponibilidade hídrica, ou seja, com reduzida atividade metabólica. De outra forma, tem sido observado que a permeabilidade dos tegumentos aumenta durante o período de armazenamento, principalmente quando as sementes ficam expostas a flutuações de temperatura e de umidade (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977).

A mucuna preta pode apresentar de 60 a 80% de sementes duras quando recém-colhidas, pois possuem tegumentos mais rígidos (MAEDA; LAGO, 1986). Nakagawa et al. (2005) estudando as relações entre a secagem das sementes de mucuna preta no interior das vagens e a ocorrência de dureza, observaram que a secagem das sementes separadas da planta mãe favorece o surgimento de dureza, contudo, perde intensidade com o retardamento da separação.

2.8 TRATAMENTOS PARA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES DURAS

No ambiente natural, a dormência em sementes é removida por processos de escarificação, envolvendo a interação de microrganismos e da temperatura, bem como de animais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Em condições artificiais, é preciso extrapolar para métodos que se aproximem dos processos naturais com intuito de acelerar, aumentar e uniformizar a germinação de sementes impermeáveis ou duras (GALINDO; LANDGRAF, 2002).

O objetivo dos diferentes tratamentos é determinar a combinação mais adequada entre o agente e o período da ação, procurando obter a germinação da maioria das sementes de uma amostra (COHN, 1996). Entretanto, o procedimento não deve causar prejuízo ao desempenho das sementes e o desenvolvimento das plântulas.

A aplicabilidade e a eficiência dos métodos dependem do tipo e da intensidade da dormência, que varia entre as espécies ou até mesmo entre lotes de uma mesma espécie (BRUNO et al., 2001). Nas regras para análise de sementes são recomendados diversos tratamentos para promover a germinação em sementes duras, com destaque para embebição, escarificação mecânica e química com ácido sulfúrico concentrado (BRASIL, 2009).

2.8.1 Imersão em água aquecida

O método de imersão em água aquecida constitui-se em eficiente meio para superação de dormência tegumentar das sementes de algumas espécies. De acordo com Smiderle et al. (2005) a água é aquecida até determinada temperatura, variável entre espécies, onde as sementes são imersas e permanecem por determinado período de tempo. Martins et al. (1997) afirmam que a água aquecida promove o amolecimento dos tecidos, permitindo a absorção de água, as trocas gasosas e a germinação.

Esse método mostra-se vantajoso, por ser de baixo custo e eficiente para superar a dormência de várias espécies. Porém, em sementes de leguminosas, a água fervente tem apresentado resultados inferiores aos de outros métodos (RODRIGUES et al., 1990). Alves et al. (2000) ao estudarem sementes dormentes de *Bauhinia monandra* e *B. unguolata*, ambas da família Caesalpinoideae, verificaram que o tratamento com água quente causou redução no percentual de germinação e no índice de velocidade de germinação. Em contrapartida, a imersão de sementes de *Helicteres cf. sacarrolha* St. Hill em água a 100 °C por tempo de 4 e 8 minutos, promoveram 80% e 95% de germinação, respectivamente, mostrando-se ser eficientes na quebra de dormência (REIS; SALOMÃO, 1999).

Para sementes de mucuna preta o tratamento pela imersão em água fervente por 24 horas foi eficiente na superação da dormência, pois apresentou 79% de sementes germinadas (MACIEL et al., 2004).

2.8.2 Escarificação mecânica

Outro método utilizado com frequência para superar dormência em sementes é o da escarificação mecânica, que consiste basicamente em colocar as sementes em cilindros rotativos, forrados internamente com lixa, até desgastar seu tegumento (LEÃO; CARVALHO, 1995). Em pequena quantidade, tem sido utilizado lixa ou esmeril elétrico.

Araújo et al. (1996) estudando a dormência das sementes de *Stylosanthes guianensis*, verificaram que a escarificação mecânica promoveu 82,5% de germinação, sendo considerada eficiente na superação da dormência dessa espécie. Resultados contrários foram obtidos por Galindo e Landgraf (2002) com sementes de mucuna preta, em que o uso de escarificador elétrico recoberto internamente por lixa de número 120 interferiu negativamente na germinação, além de causar sérios danos às sementes. No entanto, Rodrigues et al. (2010) verificaram que a escarificação mecânica de sementes de mucuna preta promoveu a germinação, além de reduzir seu potencial daninho (menor capacidade de germinação adquiridas

pelas sementes ao longo do armazenamento), uma vez que sementes viáveis não escarificadas ficam no solo e no futuro germinam, tornando-se indesejáveis para a cultura principal.

2.8.3 Escarificação com ácido sulfúrico

A escarificação com ácido sulfúrico é um método utilizado com frequência para a superação de dormência em sementes. No entanto, ele é indicado para pequenas quantidades e recomendado basicamente para testes em laboratório, pois seu manuseio é perigoso, além da dificuldade de aquisição (BRUNO et al., 2001). Smiderle et al. (2005) explicam que o método da escarificação ácida consiste em imergir as sementes em ácido sulfúrico por determinado tempo, que varia em função da espécie, à temperatura entre 19 °C e 25 °C.

Galindo e Landgraf (2002) verificaram que sementes de mucuna preta imersas no ácido sulfúrico concentrado pelos tempos de imersão de 5, 10, 15 e 20 minutos, obtiveram aumento da germinação e da velocidade com que esse fenômeno ocorre. Porém o ácido sulfúrico causou prejuízo na produção de fitomassa das plântulas, indicando possíveis interferências negativas no vigor fisiológico das sementes ou provocando danos ao embrião.

Com o aumento do período de imersão das sementes de sucupira preta (*Bowidichia viglioides*) em ácido sulfúrico, ocorreu redução na porcentagem de emergência, o que, provavelmente, pode estar relacionado aos efeitos danosos ao embrião (SAMPAIO et al., 2001).

2.8.4 Uso de calor seco

O tratamento com calor seco é uma metodologia utilizada em laboratórios para superar a dormência em sementes. Segundo Coolbear (1994) todo cuidado deve-se ter com relação ao tempo máximo, pois exposições prolongadas a altas temperaturas podem causar a deterioração das sementes devido à desnaturação

proteica e processos associados.

A utilização do calor seco pela energia solar difere da metodologia em laboratórios, por não ser possível controlar a temperatura de exposição. Em laboratório, Araújo et al. (2000) constataram que o uso de calor seco a 85 °C por 12 ou 14 horas é ineficaz na superação da dureza de sementes de *Stylosanthes viscosa*, em que verificaram aumento na mortalidade das sementes. Por outro lado, Souza et al. (2007) trabalhando com sementes de mucuna preta, observaram que a utilização de calor seco na temperatura de 45 °C até 96 horas de exposição promoveu 100% de germinação.

2.9 TESTES DE VIGOR BASEADOS NO DESEMPENHO DE PLÂNTULAS

Estes testes são utilizados para diferenciar os níveis de vigor entre as sementes, distinguindo-as também entre seus lotes. Sementes submetidas a tratamentos de superação da dormência e que possui germinação uniforme, possivelmente apresenta elevado desempenho. Segundo Carvalho (1994) o vigor de uma semente tem que ser entendido como o nível de energia que a mesma dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo.

Os testes com base no crescimento de plântulas estão inseridos nas duas classificações de testes de vigor, por ser realizados tanto em condições laboratoriais (velocidade de germinação, primeira contagem do teste de germinação, comprimento da plântula, massa seca da plântula e classificação do vigor das plântulas), quanto em campo (porcentagem de emergência de plântulas, velocidade de emergência de plântulas, altura de plântula e massa fresca da plântula) (NAKAGAWA, 1994; NAKAGAWA, 1999).

2.9.1 Teste de emergência de plântulas

O teste de emergência de plântulas parte do princípio que sementes que apresentam maior percentual de emergência no campo, ou seja, em condições não

controladas, são mais vigorosas (OLIVEIRA et al., 2009).

Este teste é considerado um excelente teste de vigor, uma vez que expõe as sementes às variações das condições do ambiente, diferindo dessa forma do teste padrão de germinação, sob condições ótimas controladas.

2.9.2 Velocidade de emergência de plântulas

O teste é baseado no princípio de que lotes de sementes que possuem maior velocidade de emergência são os mais vigorosos. Neste, o vigor do lote de sementes é determinado avaliando a velocidade de emergência de plântulas em condições de campo e/ou casa de vegetação (OLIVEIRA et al., 2009).

Seu procedimento é feito de forma semelhante ao teste para determinação da porcentagem de emergência de plântulas, sendo o mesmo empregado na realização da avaliação. Entretanto, as observações são realizadas diariamente, até que o número de plântulas se torne constante, a partir da emergência da primeira plântula.

2.9.3 Massa da matéria seca de plântulas

Para esta determinação, as amostras que apresentam maiores massa de matéria seca de plântulas são consideradas mais vigorosas. As sementes vigorosas proporcionam maior transferência de massa seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário, na fase de germinação, originando plântulas com maior massa, em função do maior acúmulo de matéria (NAKAGAWA, 1999). A instalação deste teste pode ser realizada em campo, sulcos ou em bandejas, seguindo a metodologia utilizada para o teste porcentagem de emergência de plântulas.

Para obtenção da massa da matéria seca da plântula, são retiradas as plântulas do substrato e removidos os cotilédones restantes das sementes e/ou qualquer tipo de reserva, obtendo apenas as plântulas que são colocadas em estufa até massa constante. Após é determinada sua massa em uma balança analítica de precisão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Colônia Betânia, localizada em Sena Madureira, Acre (ANEXO A), nas coordenadas geográficas 09° 04' 48" S e 68° 37' 39" W, com altitude de 148 metros, no mês de agosto de 2012. As determinações do teor de água das sementes e da massa de matéria seca das plântulas foram realizadas no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre – UFAC.

3.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

As sementes de mucuna preta foram obtidas em 13 de julho de 2012 pela colheita das vagens de plantas cultivadas em campo, no município de Sena Madureira, Acre (ANEXO B).

As sementes foram separadas das vagens e acondicionadas em garrafa pet com capacidade de 2 litros e armazenadas em local arejado, frio e seco até a implantação do experimento, que ocorreu no dia 04 de agosto de 2012.

3.2 TEOR DE ÁGUA

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa (105 ± 3 °C por 24 horas), conforme regras para análise de sementes (BRASIL, 2009), por meio de duas subamostras de 20 gramas cada. Os resultados foram expressos em porcentagem e a determinação da umidade segundo a fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{100 (M - m)}{M - t}$$

Em que:

M = massa inicial, massa do recipiente e sua tampa mais a massa da semente úmida;

m = massa final, massa do recipiente e sua tampa, mais a massa da semente seca;

t = tara, massa do recipiente com sua tampa.

3.3 TRATAMENTOS UTILIZADOS

As sementes de mucuna preta apresentaram teor de água de 6,95% por ocasião do início dos testes. Para a superação de dormência, as sementes foram submetidas a diferentes procedimentos, descritos a seguir:

3.3.1 Testemunha (controle)

Neste tratamento, denominado T1, quatro repetições de 25 sementes foram colocadas em bacias plásticas, capacidade de 12 litros, contendo substrato formado pela mistura de areia e subras® (casca de pinus, turfa vegetal, vermiculita, macro e micro nutrientes) na proporção 1:1 em volume.

QUADRO 1 – Composição química do substrato proveniente da mistura areia e subras®

pH (H ₂ O)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	CTC	H+Al	P	C	M.O	V
	----- cmolc.dm ⁻³ -----					mg.dm ⁻³	----- g.kg ⁻¹ -----	%	
5,00	8,20	3,50	350,00	17,72	5,00	83,00	17,05	29,33	72,00

pH - potencial hidrogeniônico; Ca⁺² - cálcio, Mg⁺² - magnésio; K - potássio, CTC - capacidade de troca de cátions; H+Al - hidrogênio e alumínio; P – fósforo disponível; C – carbono orgânico; M.O - matéria orgânica; V - saturação de bases.

Em cada bacia plástica foram semeadas 25 sementes a dois centímetros de profundidade e irrigadas em seguida.

Todos os tratamentos foram realizados no mesmo dia da semeadura, com exceção dos que as sementes foram expostas ao sol.

As bacias foram colocadas em ambiente coberto (galpão) e no 16º dia realizou-se o tutoramento das plântulas, para evitar acamamento (ANEXO C).

As plântulas foram avaliadas diariamente, na mesma hora, do primeiro ao 27º dia, em que foram computadas as plântulas normais, ou seja, aquelas cujo epicótilo estava acima da superfície do substrato (BRASIL, 2009).

3.3.2 Imersão em água aquecida

Quatro repetições de 25 sementes de cada tratamento foram colocadas em recipiente com água a 60 °C (T2), 80 °C (T3) e a 100 °C (T4). Após a imersão, foi desligada a fonte de calor (resistência elétrica) e as sementes permaneceram na água até atingir a temperatura ambiente (ANEXO D). Logo após foram colocadas para secar sobre folhas de papel germitest à sombra e semeadas na sequência. A semeadura e as avaliações ocorreram conforme descrito no item 3.3.1.

3.3.3 Escarificação mecânica com esmeril

Quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento foram friccionadas contra um esmeril elétrico (com rebolo para desbaste A-36) por um segundo, no lado oposto ao hilo (T5) e na região distal da semente (T6), sem danificar o embrião (ANEXO E) e na a sequência foram semeadas. A semeadura e as avaliações ocorreram conforme descrito no item 3.3.1.

3.3.4 Escarificação com ácido sulfúrico

Quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento foram imersas em ácido sulfúrico (H_2SO_4) 98% por cinco (T7), 10 (T8), 15 (T9), 20 (T10), 25 (T11), 30 (T12) e 35 (T13) minutos. Após a imersão, foram lavadas em água corrente por 20 minutos, colocadas para secar sobre folhas de papel germitest à sombra e em seguida semeadas (ANEXO F). A semeadura e as avaliações ocorreram conforme descrito no item 3.3.1.

3.3.5 Exposição ao sol

Quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento foram expostas ao sol por cinco (T14), 10 (T15) e 15 (T16) horas no período de pleno sol (9h às 14h) (ANEXO G). As sementes dos tratamentos T15 e T16 para completarem o tempo proposto, voltaram a ser expostas ao sol, obedecendo ao período citado acima. A semeadura e as avaliações ocorreram conforme descrito no item 3.3.1.

3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS NO EXPERIMENTO

O efeito dos tratamentos foi avaliado pela emergência de plântulas, tempo médio de emergência, índice de velocidade de emergência, frequência relativa de emergência e massa da matéria seca de plântulas.

3.4.1 Porcentagem de emergência de plântulas EP(%)

O cálculo da porcentagem de emergência seguiu modelo proposto por Labouriau e Valadares (1976), conforme a fórmula:

$$EP (\%) = \frac{N \times 100}{A}$$

Em que:

N = número de sementes emergidas; e

A = número total de sementes colocadas para emergir.

3.4.2 Tempo médio de emergência (TME)

O cálculo do tempo médio de emergência foi obtido pela fórmula de Edmond e Drapala citadas em Labouriau (1983) contabilizando-se o número de plântulas que

emergiram após a instalação do teste de emergência. Este índice representa o tempo médio necessário para atingir a emergência máxima, calculado pela equação:

$$\text{TME} = \frac{\text{E1T1} + \text{E2T2} + \dots + \text{EiT}_i}{\text{E1} + \text{E2} + \text{E3}}$$

Em que:

TME = Tempo médio necessário para atingir a emergência máxima, em dias;

E1...Ei = número de emergência ocorrida a cada dia;

T1...Ti = tempo (dias).

3.4.3 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Paralelamente ao teste de emergência das plântulas foi determinado o índice de velocidade de emergência para cada tratamento, somando-se o número de plântulas emergidas (hipocótilo presente sobre o substrato no momento da avaliação) a cada dia, divididas pelo respectivo número de dias transcorridos desde a semeadura (NAKAGAWA, 1999), cujos dados geraram um índice de vigor, conforme proposto por Maguire (1962).

$$\text{IVE} = \frac{\text{N1}}{\text{D1}} + \frac{\text{N2}}{\text{D2}} + \frac{\text{N3}}{\text{D3}} + \dots + \frac{\text{Nn}}{\text{Dn}}$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

N_{1:n} = número de plântulas emergidas no dia 1, 2, 3, ...n; e

D = número de dias para as plântulas emergirem.

3.4.4 Frequência relativa de emergência (FR)

Os polígonos de frequência relativa de emergência foram obtidos pelas fórmulas citadas em Labouriau (1983), contabilizando-se o número de plântulas que

emergiram por dia, até a última avaliação, calculados pela equação:

$$FR (\%) = \frac{Ni \times 100}{\Sigma Ni}$$

Em que:

FR (%) = Frequência relativa;

Ni = número de sementes emergidas por dia;

ΣNi = número total de sementes emergidas.

3.4.5 Massa de matéria seca de plântulas

Ao final do período de avaliação de cada tratamento, foram separadas as raízes e a parte aérea de 10 plântulas de cada repetição, aleatoriamente selecionadas, sendo acondicionadas em sacos de papel Kraft e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 70 °C, até atingirem massa constante. Ao final desse período foi determinada a massa de matéria seca da raiz (MMSR), massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) e massa de matéria seca total (MMST) em balança analítica (precisão 0,0001 g), com resultados expressos em gramas.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e quatro repetições, sendo cada, constituída por 25 sementes. Os dados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância, consistindo na verificação de dados discrepantes pelo teste de Grubbs (1969), normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e da homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett (1937).

Os resultados dos tratamentos para porcentagem de emergência, tempo médio de emergência, índice de velocidade de emergência e massa de matéria seca

de plântulas foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste Scott-Knott (1974) com 5% de probabilidade de erro.

Nos tratamentos com ácido sulfúrico foram realizadas análises de regressão polinomial para porcentagem de emergência, tempo médio de emergência e índice de velocidade de emergência. Quando o teste F indicou existir significância a 5% de probabilidade para mais de uma regressão, definiu-se a equação de maior grau significativo até o segundo grau. Foram determinados também os polígonos da frequência relativa de emergência de plântulas de cada tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância, verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados às sementes de mucuna preta para porcentagem de emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVE) (APÊNDICE A).

Para a porcentagem de emergência (TABELA 1), os tratamentos que proporcionaram os melhores resultados foram T3 (imersão em água a 80 °C), T5, T6 (escarificação mecânica com esmeril elétrico por um segundo no lado oposto ao hilo e na região distal da semente), T7, T8, T9, T10, T11, T12 e T13 (imersão em ácido sulfúrico por cinco, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 minutos), todos semelhantes entre si, diferindo estatisticamente dos tratamentos T1 (testemunha), T2, T4 (imersão em água a 60 e 100 °C), T14, T15 e T16 (secagem pela energia solar por cinco, 10 e 15 horas).

O resultado inferior do tratamento T1 (testemunha) confirma a ocorrência de dormência em sementes dessa espécie. O baixo teor de água das sementes (6,95%) quando recém-colhidas reforça a afirmação de Bewley e Black (1994) de que o teor de água é um dos fatores determinantes na dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento, pois se tornam progressivamente duros e impermeáveis à medida que a umidade diminui.

Para Marcos Filho (2005), as sementes com tegumento impermeável à água são conhecidas por “sementes duras” e, dentre as conhecidas, destaca-se a mucuna preta. De acordo com autor, essa causa de dormência é prejudicial ao seu cultivo, pois provoca a germinação irregular e contribui para a persistência de bancos de sementes no solo, podendo germinar em época indesejável e tornar-se uma invasora em relação à cultura principal.

Com relação ao tempo médio de emergência (TABELA 1), os tratamentos que permitiram as sementes germinarem e as plântulas emergirem em menor tempo, condição que, para Marcos Filho (2005) é uma vantagem pelo fato da semente ficar menos tempo no solo e menos exposta a adversidade ambientais, foram T5, T6, T8,

T9, T10, T11, T12 e T13 diferindo estatisticamente dos outros tratamentos.

TABELA 1 – Média da porcentagem da emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVE) proveniente de sementes de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência

Tratamentos	EP (%)	TME	IVE
1 Testemunha	56b	14,28d	1,10d
2 Imersão em água a 60 °C	67b	11,75c	1,60d
3 Imersão em água a 80 °C	77a	10,35b	2,08c
4 Imersão em água a 100 °C	45c	9,73b	1,45d
5 Escarificação no lado oposto ao hilo	85a	7,64a	2,82b
6 Escarificação na região distal	91a	6,64a	3,58a
7 Ácido Sulfúrico / cinco minutos	86a	7,05a	3,12b
8 Ácido sulfúrico / 10 minutos	91a	6,65a	3,49a
9 Ácido sulfúrico / 15 minutos	91a	6,36a	3,62a
10 Ácido sulfúrico / 20 minutos	88a	5,90a	3,77a
11 Ácido sulfúrico / 25 minutos	89a	6,83a	3,63a
12 Ácido sulfúrico / 30 minutos	90a	6,11a	3,77a
13 Ácido Sulfúrico 35 minutos	77a	6,22a	3,21b
14 Exposição ao sol / cinco horas	25d	15,00d	0,48e
15 Exposição ao sol / 10 horas	14d	10,57b	0,41e
16 Exposição ao sol / 15 horas	12d	12,42c	0,30e
C.V. (%)	12,94	13,88	13,25

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Skott-Knott. (Análise de variância no APÊNDICE A).

Pelo teste de índice de velocidade de emergência (TABELA 1), T6, T8, T9, T10, T11 e T12 foram estatisticamente superiores aos demais. Seus valores acompanharam proporcionalmente os respectivos resultados da porcentagem de emergência. Estes resultados comprovam que esses tratamentos não afetaram a

qualidade fisiológica das sementes, originando plântulas mais vigorosas e permitindo uma emergência rápida e uniforme.

Comparando os tratamentos com imersão das sementes em água a 60, 80 e 100 °C, observou-se que ocorreu diferenças significativas entre esses tratamentos. A imersão das sementes em água a 80 °C (T3) proporcionou 77% de emergência, valor superior aos tratamentos T1, T2 e T4, que apresentaram 56%, 67% e 45%, respectivamente. No entanto, todos exibiram elevado TME e baixo IVE. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2007), quando sementes de mucuna preta foram imersas em água nas temperaturas de 90 °C e 95 °C e também tiveram redução na germinação.

No presente trabalho, quando as sementes foram imersas a 100 °C (T4) e permaneceram na água até temperatura ambiente, ocorreu redução na porcentagem de emergência (45%) em relação aos tratamentos T2 e T3. Esta queda pode ter sido causada pela alta temperatura, que prejudicou o embrião. Resultados mais severos foram verificados por Maeda e Lago (1986) com sementes de mucuna preta, imersas em água a 100 °C, por diferentes períodos, sendo extremamente prejudicial, causando morte de praticamente 100% das sementes. Costa et al. (2010) estudando sementes da leguminosa *Adenanthera pavonina* L. (olho-de-dragão) tratadas com água fervente por 10 e 15 minutos, tiveram os tegumentos dissolvidos, causando danos ao embrião, comprometendo a viabilidade das sementes.

Os tratamentos de escarificação mecânica proporcionaram índices germinativos satisfatórios e com ótimos TME (TABELA 1). Entretanto, apresentaram diferenças significativas para o IVE, em que o tratamento T5 (escarificação mecânica com esmeril elétrico no lado oposto ao hilo) foi estatisticamente inferior ao tratamento T6 (escarificação mecânica com esmeril elétrico na região distal da semente), indicando que a escarificação no lado oposto ao hilo, provavelmente, contribui para redução do potencial fisiológico das sementes.

O tratamento T6 obteve valores superiores de porcentagem de emergência e IVE em relação ao tratamento T5. A posição da escarificação na semente pode ser a explicação destes resultados, pois quando foi realizada na região distal da semente

(T6) permitiu-se o crescimento do eixo embrionário e da raiz com maior facilidade, principalmente por não encontrar barreiras para romper o tegumento, enquanto, no lado oposto ao hilo da semente, o crescimento da raiz encontrou resistência física, dificultando o processo de emergência.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a escarificação mecânica é um método eficiente na superação da dormência de sementes de mucuna, pois facilitou a entrada de água na semente, permitindo o início do processo germinativo com a hidratação do embrião. Este fato também foi verificado em sementes de mucuna preta por Rodrigues et al. (2010) e Kobori et al. (2013), como também em sementes de outras espécies, *Stylosanthes guianensis* (ARAÚJO et al., 1996), *Leucaena diversifolia* (BERTALOT; NAKAGAWA, 1998), *Bauhinia monandra* e *B. unguolata* (ALVES et al., 2000).

Desta forma, a escarificação mecânica deve ser efetuada com cuidado para evitar danos ao tegumento que podem diminuir as taxas de germinação, como verificado no trabalho de Galindo e Landgraf (2002) com sementes de mucuna preta.

Os tratamentos com ácido sulfúrico se constituíram como excelente método para superar a dormência em semente de mucuna preta, pois promoveram altos índices de emergência e reduzido TME, com diferenças estatísticas apenas para IVE nos tratamentos T7 e T13, cujos valores foram de 3,12 e 3,21 respectivamente, mesmo assim, considerados satisfatórios (TABELA 1).

Estes resultados corroboram os de outros pesquisadores, em que verificaram a eficiência do ácido sulfúrico na promoção da germinação em sementes dormentes de mucuna preta, possibilitando a entrada de água e as trocas gasosas das sementes com o ambiente (GALINDO, 2006; MACIEL et al., 2010; MAEDA; LAGO, 1986; SOUZA et al., 2007).

O ácido sulfúrico também foi utilizado com eficiência para superação da dormência de sementes de outras espécies, como *Tachigalia multijuga* Benth. (BORGES et al., 2004), *Zizyphus joazeiro* Mart. (ALVES et al., 2006), *Ormosia nitida* Vog. (LOPES et al., 2006), *Bauhinia* spp. (LOPES et al., 2007), *Dimorphandra mollis* Benth. (SCALON et al., 2007) e *Leucaena diversifolia* L. (SOUZA et al., 2007).

Contudo, para sementes de *Bauhinia variegata* L. (MARTINELLE-SEMENEME et al., 2006), *Guazuma ulmifolia* Lam. e *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. (NUNES et al., 2006) e *Schinopsis brasiliense* Engl. (ALVES et al., 2007), o tratamento com ácido sulfúrico não foi eficiente.

Ao analisar os dados dos tratamentos com ácido sulfúrico pela regressão polinomial para as variáveis analisadas, foram verificadas diferenças significativas, sendo todos os tratamentos com ácido sulfúrico superiores à testemunha (GRÁFICOS 1, 2 e 3).

A porcentagem de emergência cresceu à medida que aumentou o tempo de imersão das sementes no ácido sulfúrico, indicando que a máxima emergência pode ser alcançada em 20 minutos de imersão (GRÁFICO 1).

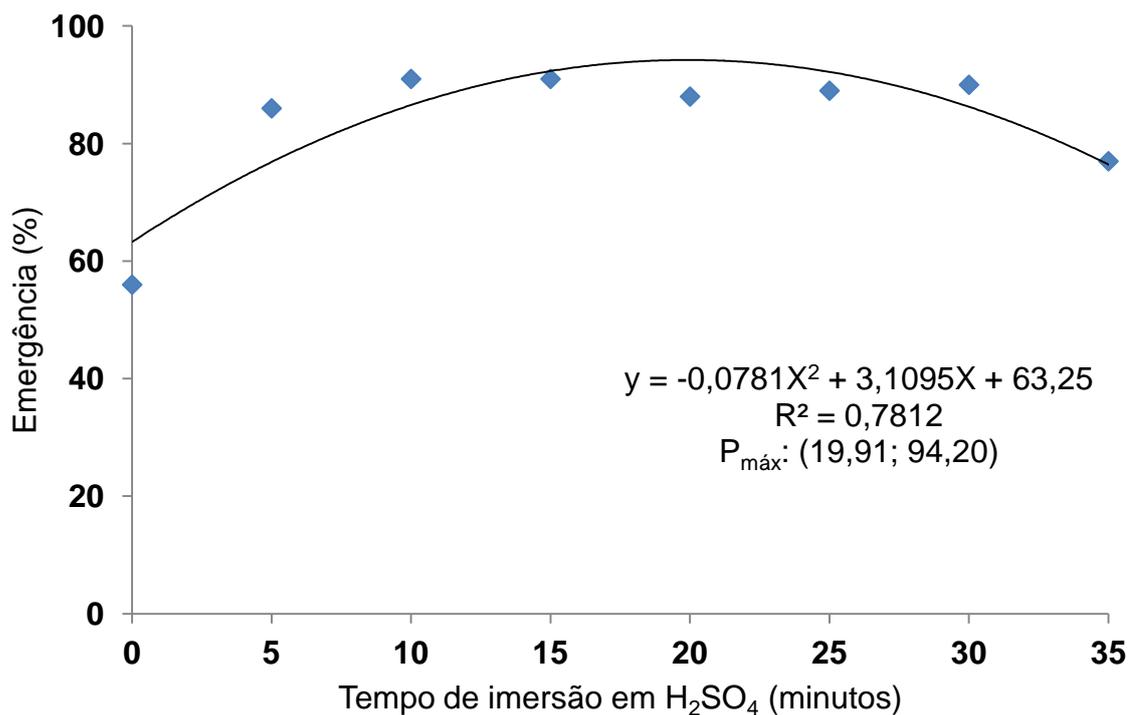


GRÁFICO 1 – Emergência de plântulas de mucuna preta em função do tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico. (Análise de variância no APÊNDICE B).

Os valores referentes ao vigor, determinado pelo índice de velocidade de emergência (GRÁFICO 2), seguiu o mesmo modelo dos resultados para porcentagem de emergência, indicando que o tratamento de imersão das sementes de mucuna preta por 22 minutos no ácido sulfúrico concentrado foi responsável pelo vigor máximo das sementes (3,99). Em relação ao IVE da testemunha, a utilização do ácido sulfúrico concentrado se mostrou eficaz em aumentar a velocidade de emergência das sementes de mucuna preta.

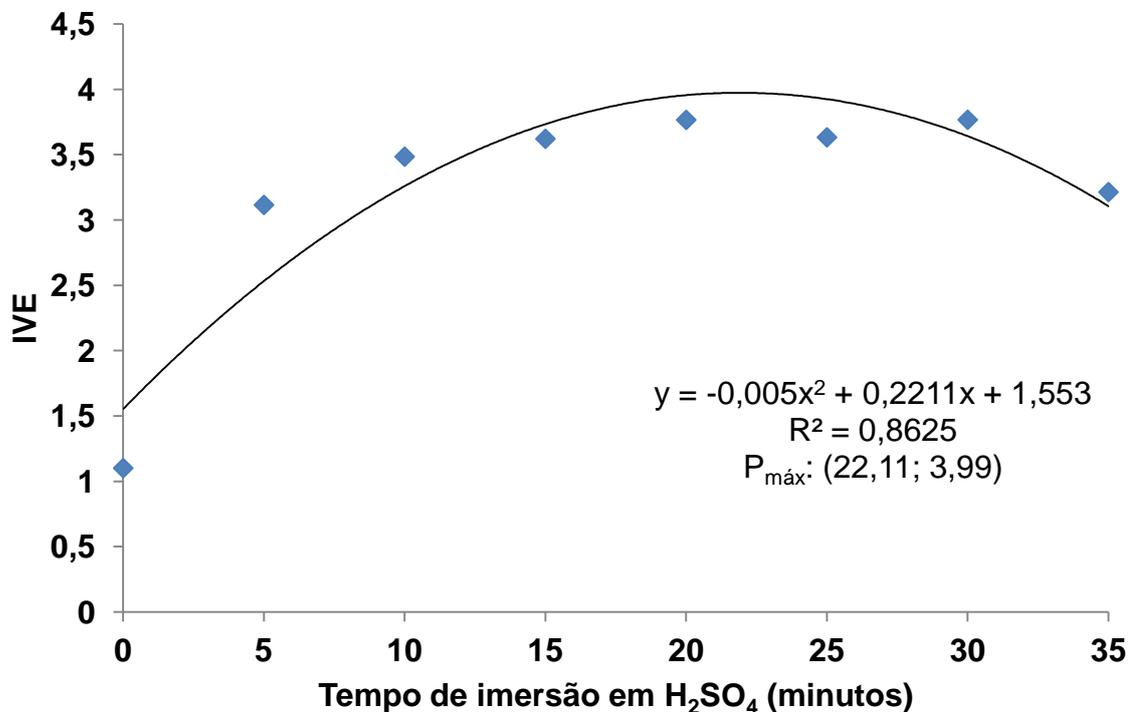


GRÁFICO 2 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de mucuna preta em função do tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico. (Análise de variância no APÊNDICE C).

O tempo médio de emergência (GRÁFICO 3) indicou que os tratamentos com ácido sulfúrico permitiram às sementes de mucuna preta emergir em menor tempo à medida que aumentou o período de imersão até o período de 23 minutos.

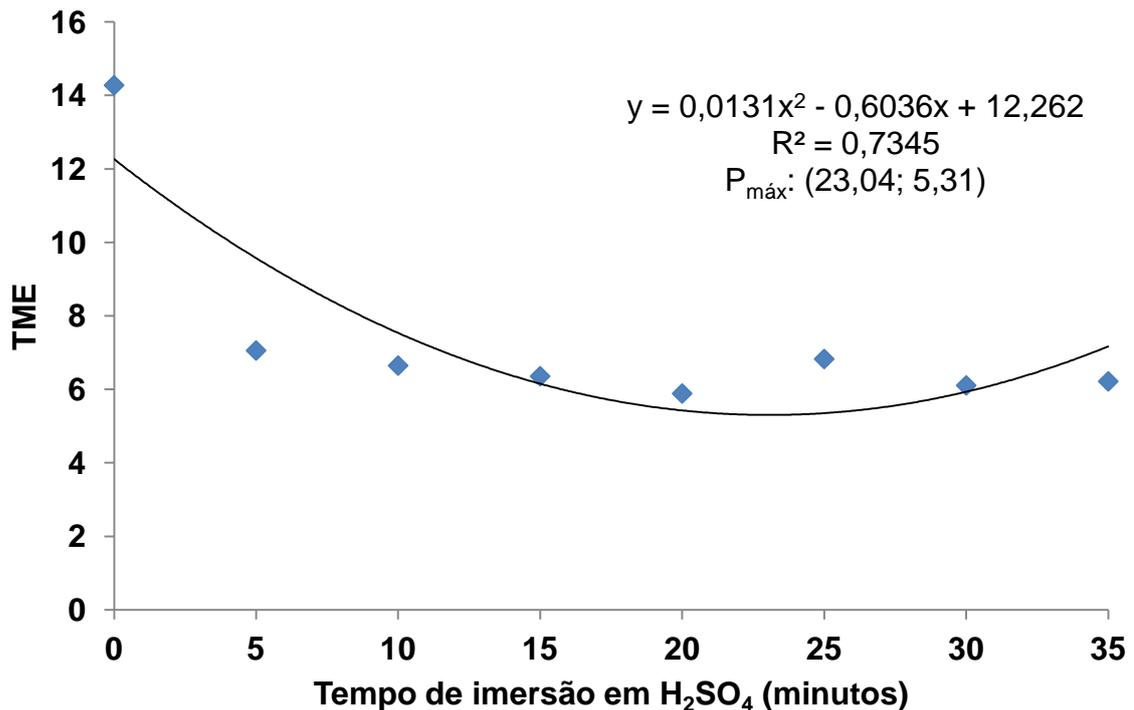


GRÁFICO 3 – Tempo médio de emergência de plântulas de mucuna preta em função do tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico. (Análise de variância no APÊNDICE D).

No presente trabalho, os diferentes tempos de imersão das sementes em ácido sulfúrico apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, sendo o tratamento T13 o que apresentou os piores resultados em relação aos demais, provavelmente, pelo efeito do maior tempo (35 minutos) de exposição das sementes, causando forte escarificação no tegumento e ocasionando dano ao embrião. As plântulas deste tratamento apresentaram raízes curtas e com coloração escura, possivelmente em decorrência da imersão no ácido. Resultado semelhante foi verificado por Galindo (2006) em que a imersão das sementes de mucuna preta em ácido sulfúrico apresentou escurecimento do tipo “queimadura” nas raízes primárias.

A utilização do calor seco realizado em laboratório é uma metodologia frequentemente empregada para superação de dormência em sementes dormentes, mas difere daquela utilizada nos tratamentos T14, T15 e T16 pelo fato da temperatura não ser controlada, embora o princípio seja o mesmo. Estes tratamentos não foram efetivos na da superação dormência, ou seja, proporcionaram

os piores resultados para EP, TME e IVE em relação aos demais tratamentos, inclusive a testemunha (TABELA 1). Resultados semelhantes foram observados por Maeda e Lago (1986) com aplicação de calor seco nas sementes de mucuna preta (65 °C durante 4 e 6 horas), no qual não foram efetivos na superação da dormência.

Por outro lado, Souza et al. (2007) verificaram que o tratamento com calor seco na temperatura de 45 °C até 96 horas de exposição promoveu 100% de germinação em sementes dessa espécie, resultado concordante com o trabalho de Wutke et al. (1995) que observaram incremento no poder germinativo das sementes recém-colhidas, quando submetidas a temperatura de 55 °C por período entre 16 e 24 horas.

Pela Tabela 1, observa-se que quanto maior o tempo de exposição das sementes à energia solar, menor foi a porcentagem de emergência e da velocidade com que ela ocorre. Resultados concordantes foram obtidos por Kobori et al. (2013) que utilizou o calor seco de 55 °C por 24 horas em sementes de mucuna preta, obtendo germinação inferior a testemunha. Provavelmente este método causou às sementes uma dormência secundária, induzida pela redução do teor de água e aumento da temperatura. Nesse sentido, Marcos Filho (2005) explica que com a redução do teor de água na semente, o tegumento torna-se mais rígido à penetração de água e oxigênio, reduzindo assim a emergência de plântulas de forma mais rápida e uniforme.

A temperatura é um fator que pode ter contribuído para os resultados apresentados. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), a temperatura tem grande influência no processo germinativo, não só com relação à velocidade, mas também na porcentagem de germinação das sementes.

Além disso, as sementes submetidas à energia solar podem ter conseguido acumular ou modificar a disposição de substâncias cerosas em sua estrutura, principalmente suberina e lignina, impedindo a penetração de água e realização das trocas gasosas entre o embrião e o ambiente. Existem outros fatores que podem interferir na absorção de água pelas sementes, sendo difícil determinar com exatidão, quais seriam todas as influências possíveis durante esse processo. Assim,

novos estudos devem ser realizados para uma melhor definição de quais os fatores intrínsecos ao calor seco interagem com as sementes dormentes de mucuna preta.

Para as avaliações de massa da matéria seca da raiz (MMSR), da parte aérea (MMSPA) e total (MMST) apenas os tratamentos T14, T15 e T16 proporcionaram valores inferiores (TABELA 2). Estes resultados demonstram que os tratamentos utilizados neste trabalho não interferiram na qualidade fisiológica das sementes.

TABELA 2 – Médias da massa de matéria seca da raiz (MMSR), da parte aérea (MMSPA) e total (MMST) resultantes da emergência de plântula de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência

Tratamento	MMSR	MMSPA	MMST
1 Testemunha	0,73a	5,97a	6,70a
2 Imersão em água a 60 °C	0,64a	6,67a	7,31a
3 Imersão em água a 80 °C	0,87a	7,55a	8,42a
4 Imersão em água a 100 °C	0,77a	8,83a	9,60a
5 Escarificação no lado oposto ao hilo	0,90a	7,46a	8,36a
6 Escarificação na região distal	0,98a	8,30a	9,28a
7 Ácido sulfúrico / cinco minutos	1,05a	8,60a	9,65a
8 Ácido sulfúrico / 10 minutos	0,77a	7,28a	8,05a
9 Ácido sulfúrico / 15 minutos	0,87a	7,05a	7,92a
10 Ácido sulfúrico / 20 minutos	0,74a	8,12a	8,86a
11 Ácido sulfúrico / 25 minutos	0,67a	7,70a	8,37a
12 Ácido sulfúrico / 30 minutos	0,71a	7,53a	8,24a
13 Ácido sulfúrico 35 minutos	0,56a	6,97a	7,53a
14 Exposição ao sol / cinco horas	0,42a	4,34b	4,76b
15 Exposição ao sol / 10 horas	0,27a	2,13b	2,40b
16 Exposição ao sol / 15 horas	0,28a	2,47b	2,75b
C.V. (%)	47,07	21,87	23,59

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Skott-Knott. (Análise de variância no APÊNDICE E).

Considerando que o processo germinativo das sementes dificilmente é perfeitamente sincronizado, as frequências de germinação possuem distribuição ao longo do tempo. Assim, a análise do processo germinativo ou da emergência de plântulas pode ser realizada por meio dos polígonos de frequência relativa, a partir dos quais, se verifica a proporção de plântulas emergidas diariamente ao longo do período do experimento.

Nas Figuras 1A e 1B, encontram-se vários polígonos de frequência relativa demonstrando o comportamento da emergência de plântulas, resultantes de sementes de mucuna preta submetidas a tratamentos para superar a dormência.

Os polígonos de frequência relativa, gerados a partir de informações diárias coletadas do experimento confirmam os resultados apresentados na Tabela 1, quanto à emergência das plântulas de mucuna preta.

Observa-se que todos os tratamentos de escarificação mecânica com esmeril e escarificação química com ácido sulfúrico (T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12 e T13) apresentaram polígonos com caracter unimodal, com um único pico de emergência, proporcionando um processo de emergência uniforme e rápido. Nesses tratamentos, o pico de emergência ocorreu entre 6 e 8 dias após a semeadura, podendo conferir rapidez e uniformidade no estabelecimento de plântulas de mucuna preta, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos e da testemunha, que apresentou tempo médio de 14 dias .

Os tratamentos T1, T2, T3, T4, T14, T15 e T16 apresentaram frequência com caracter polimodal, com vários picos de emergência, em que as maiores desuniformidades foram registrados nos tratamentos que receberam calor pela energia solar.

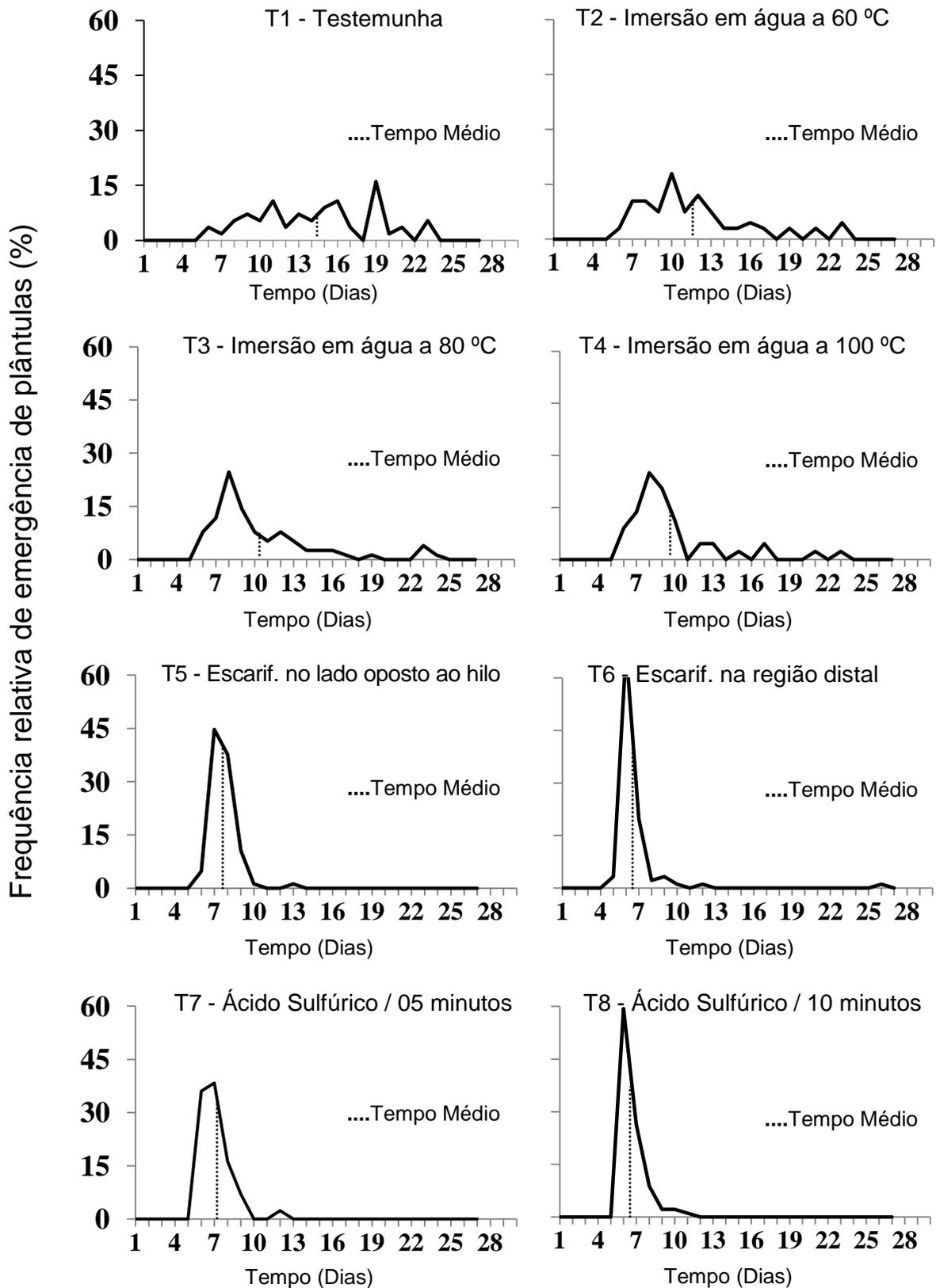


FIGURA 1A - Distribuição da frequência relativa de emergência de plântulas, originadas de sementes de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência.

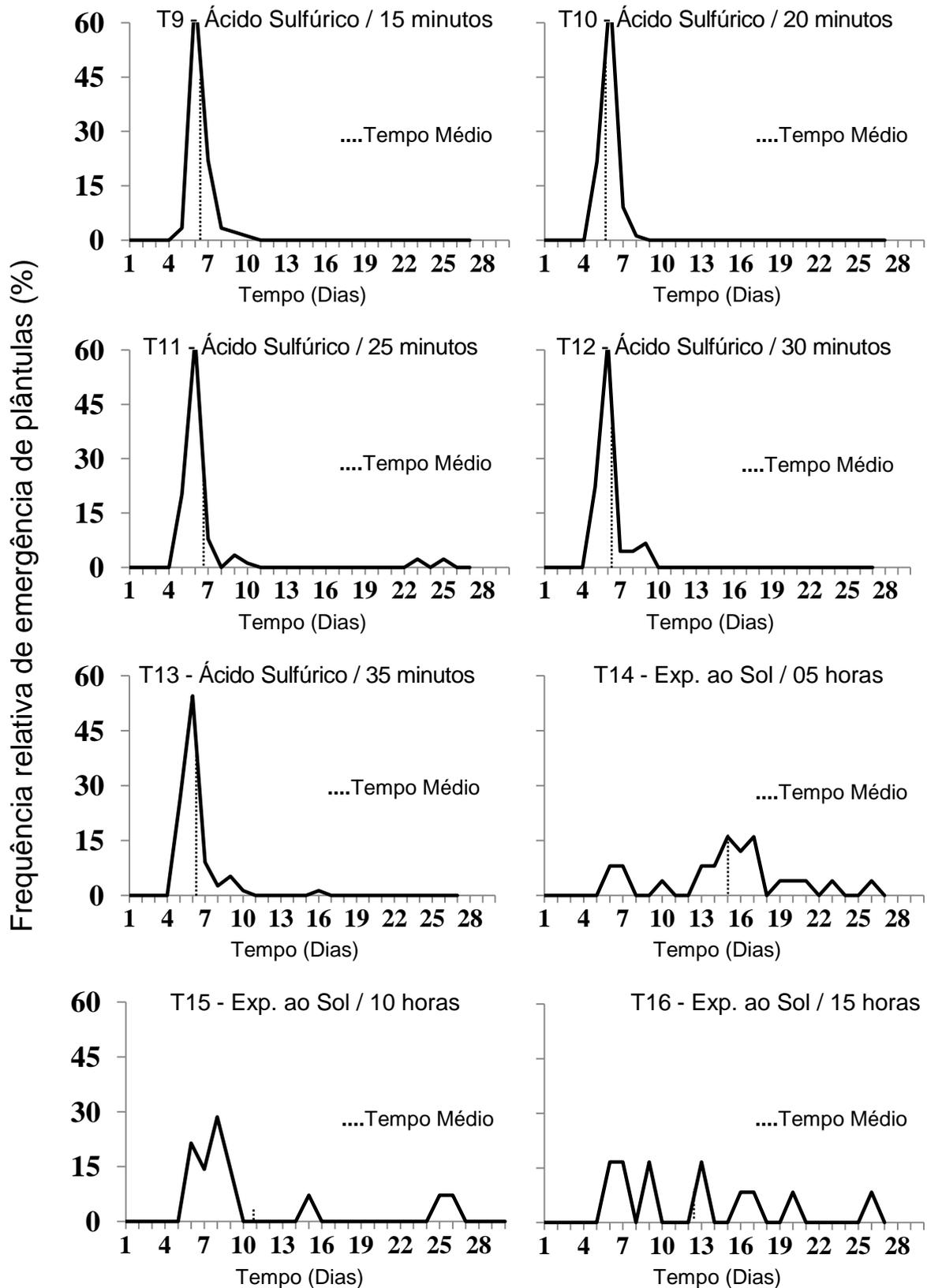


FIGURA 1B - Distribuição da frequência relativa de emergência de plântulas, originadas de sementes de mucuna preta submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência.

Todos os tratamentos usados neste trabalho agem sobre a impermeabilidade dos tegumentos das sementes à água. Dependendo da integridade destes e de sua capacidade de regular a entrada de água na semente, as interações com os tratamentos podem ser as mais variadas.

Conhecendo-se o comportamento da espécie com relação à impermeabilidade a água pelo tegumento de suas sementes, quanto à época de colheita, teor de água inicial e as respostas aos tratamentos para superação da dormência, podem-se direcionar com maior precisão decisões de caráter prático na produção de sementes, ou seja, possibilita escolher pela opção de armazenamento, semeadura imediata ou pelo método de superação de dormência a ser empregado.

Diversos trabalhos de pesquisa realizam estudos com sementes de mucuna preta para entender os mecanismos que possibilitam a penetração mais rápida de água e oxigênio no tegumento. As metodologias que alteram a permeabilidade do tegumento das sementes permitem inúmeros resultados, os mais diferentes possíveis, e isso se deve ao uso de diferenças de metodologias e das características inerente à planta, como época de colheita, teor de água inicial e tempo de armazenamento das sementes.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do experimento é possível concluir que:

- Sementes de mucuna preta apresentam dormência, que pode ser superada por meio da fricção contra um esmeril elétrico por um segundo na região distal da semente ou com imersão em ácido sulfúrico (H_2SO_4 98%) por 10, 15, 20, 25 ou 30 minutos.

- Os tratamentos utilizados neste trabalho não interferem na massa de matéria seca das plântulas de mucuna preta.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F.; REIS, R. de G. E.; TEÓFILO, E. M. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e germinação de *Mucuna aterrima* Piper e Tracy. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 563-569, out./dez. 2009.
- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1999. 162 p.
- ALVES, M. da 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, DF, v. 22, n. 2, p.139-144, nov. 2000.
- ALVES, E. U.; BRUNO, R. de L. A.; OLIVEIRA, A. P. de; ALVES, A. U.; ALVES, A. U. Ácido sulfúrico na superação de dormência de unidades de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 187-195, mar./abr. 2006.
- ALVES, A. F.; ALVES, A. F.; GUERRA, M. E. de 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, 2007.
- ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; SILVA, R. F. da; GOMES, J. M. Avaliação de diferentes métodos de escarificação das sementes e dos frutos de *Stylosanthes viscosa* Sw. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 18-22, jan./mar. 2000.
- ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, C. F.; ARAÚJO, R. F.; GALVÃO, J. C.; SILVA, R. F. da. Efeito da escarificação das sementes e dos frutos de *Stylosanthes guianensis*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 73-76, jun. 1996.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London A**, London, v. 160, p. 268-282, May 1937.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998. 666 p.
- BERTALOT, M. J.; NAKAGAWA, J. Superação da dormência em sementes de *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Benth K 156. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 39-42, 1998.

BEWLEY, J. D.; BLACK, J. M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

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

BRAGA, N. R.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; BULISANI, E. A. **Mucuna preta: *Mucuna aterrima*** Piper e Tracy. Campinas: IAC, 2006. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MucunaPreta/MucunaPreta.htm>>. Acesso em: 22/07/2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré-germinativo para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 32, n. 2, p.136-146, abr./jun. 2001.

CARVALHO, N. M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 01-30.

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

COHN, M. A. Operational and philosophical decisions in seed dormancy research. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 6, n. 2, p. 147-154, Sept. 1996.

COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: Basra, A. S. **Seed quality: basis mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1994. p. 223-277.

COSTA, P. A.; LIMA, A. L. da S.; ZANELLA, F.; FREITAS, H. de. Quebra de dormência em sementes de *Adenantha pavonina* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 83-88, jan./mar. 2010.

FAVERO, C.; JUCKSCH, A.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A. Mucuna Preta: A planta mágica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. **Programas e resumos**. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003. p. 64 – 67.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: Do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

GALINDO, C. A. M. **Absorção de água, germinação e dormência de sementes de mucuna preta**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Campus de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

GALINDO, C. A. M.; LANDGRAF, P. R. C. Uso de curva de embebição na identificação do tipo e na avaliação da eficiência de tratamentos para superação de dormência em sementes de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1., 2002, Alfenas. **Anais eletrônicos...** Alfenas: UNIFENAS, 2002. Disponível em: <<http://www.unifenas.br/pesquisa/semic/isemic/agron12.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

GARCIA, F. C. P.; MONTEIRO, R. Leguminosae-Papilionidae de uma floresta pluvial de planície costeira. **NATURALIA**, Rio Claro, v. 22, p.17-60, 1997.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics*, Boston, v. 11, n. 1, p. 01-21, Feb. 1969.

KOBORI, N. N.; MASCARIN, G. M.; CICERO, S. M. Métodos não sulfúricos para superação de dormência de sementes de mucuna-preta (*Mucuna aterrima*). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 25-32, jan. 2013.

LABOURIAU, L. F. G. **A germinação de sementes**. Washington, OEA, 1983. 174 p.

LABOURIAU, L. F. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calatropis procera* (Ait.). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, abr./jun. 1976.

LEÃO, N. V. M.; CARVALHO, J. E. U. de. Métodos para superação da dormência de sementes de paricá, *Schizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 5, n. 2, p. 161-169, abr. 1995.

LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1., 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.183-198.

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

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

MACHADO, J. da C. Introdução à patologia de sementes. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. da S. (Ed.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 3-15.

MACIEL, G. M.; MINETTO, R. M.; BAVUSO NETO, P.; MONTEIRO, W. S.; LANDGRAF, P. R. C. Avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) submetidas a diferentes tratamentos para superar a dormência. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., 2004, Alfenas. **Anais eletrônicos ...** Alfenas: UNIFENAS, 2004. Disponível em: <<http://www.unifenas.br/pesquisa/semic/iiisemic/anais/trab/Agronomia/resumos/agro6.PDF>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

MACIEL, G. M.; SILVA, E. C. da; LANDGRAF, P. R. C. Superação da dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento em sementes de mucuna-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 724-731, set./out. 2010.

MAEDA, J. A. A.; LAGO, A. A. do. Germinação de sementes de mucuna preta após tratamentos para superação da impermeabilidade do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 8, n. 1, p. 79-84, jan./mar. 1986.

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

MARBACH, I.; MAYER, A. M. Permeability of seed coats to water as related to drying conditions and metabolism of phenolics. **Plant Physiology**, v. 54, p. 817-820, May 1974.

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

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

MARTINS, C. C.; MENDONÇA, C. G.; MARTINS, D.; VELINI, E. D. Superação de dormência de sementes de carrapicho-beiço-de-boi. **Planta Daninha**, Brasília, DF, v.15, n. 22, p.104-113, dez. 1997.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 201-224.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MARTINS, C. C. Secagem e formação de sementes duras em mucuna preta. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 299-303, abr. 2005.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 3, p. 947-949, maio/jun. 2004.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. Fatores externos (ambientais) que Influenciam na germinação de sementes. Piracicaba: **Informativo Sementes IPEF**, abr. 1998. Disponível em: < <http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

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. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 8, n. 1, p. 43-52, jan./jun. 2006.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Testes de Vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Science Place**, v. 2, n. 4, jan. 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PROCÓPIO, S. de O.; SANTOS, J. B.; PIRES, F. R.; SILVA, A. A. da; SANTOS, E. A. dos; FERREIRA, L. R. Fitorremediação de solo contaminado com rifloxysulfuron-sodium por mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 719-724, out./dez. 2005.

REIS, R. B.; SALOMÃO, A. N. tratamentos para superar a dormência de sementes de saca-rolha (*Helicteres cf. sacarrolha* St.Hill-sterculiaceae). **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 71, mar. 1999.

RODRIGUES, E. H. A.; AGUIAR, I. B. de; SADER, R. Quebra de dormência de sementes de três espécies do gênero *Cassia*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 17-25, out./dez. 1990.

RODRIGUES, M. J.; SOUZA, G. C. de; FARIA FILHO, L. A. P.; SOUZA, R. A. B. de; COSTA NETTO, A. P.; REIS, E. F. dos; TIMOSSI, P. C. Efeito de diferentes tratamentos na germinação de sementes de *Mucuna* preta submetidas a armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 998-1002.

RODRIGUES, F. C. M. P. **Manual de Análise de Sementes Florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 100 p.

SAHAI, K.; PAL, A. Studies on seed treatments and histochemical characters of water barrier seed coat of *Leucaena galuca* (L.) Benth. **Journal of Phytological Research**, Lucknow, v. 8, n. 1, p. 97-100, Jan. 1995.

SAMPAIO, L. S. de V.; PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P.; COSTA, J. A.; GARRIDO, M. da S.; MENDES, L. N. Ácido sulfúrico na superação da dormência de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* H.B.K.-Fabacea). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p.184-190, jan./mar. 2001.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **International Biometric Society**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Boston, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, Dec. 1965.

SMIDERLE, O. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. de; SOUSA, R. de C. P. de. **Tratamentos pré-germinativos em sementes de Acácia (*Acacia mangium* Willd)**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 17 p. (Circular técnica, 1).

SOUZA, P. B. de; VIDAL, M. C.; SAMINÊS, T. C. de O. Superação da dormência de sementes de mucuna preta. **Revista Brasileira Agroecologia**, Brasília, DF, v. 2, n. 1, fev. 2007.

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

TOLEDO, F. F. de; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes: Tecnologia e Produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224 p.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Org.). **Curso sobre adubação verde no instituto agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p.17-29.

WUTKE, E. B.; MAEDA, J. A.; PIO, R. M. Superação da dormência de sementes de mucuna-preta pela utilização de “calor seco”. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 482-490, set./dez. 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise de variância das variáveis, emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVE) provenientes de um experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos cada um com quatro repetições aplicados em sementes de mucuna preta para superar dormência

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		EP (%)	TME	IVE
Tratamentos	15	3269,600**	37,874**	6,940**
Resíduo	48	76,833	1,550	0,101
Total	63	-	-	-
CV (%)	-	12,94	13,88	13,25

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

APÊNDICE B – Resumo da análise de variância da porcentagem de emergência de plântulas (EP%), em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com tratamentos utilizando o ácido sulfúrico para superar a dormência em semente de mucuna preta

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Reg. Linear	1	594,381	594,381	7,133*
Reg. Quadrática	1	2561,524	2561,524	30,738**
Reg. cúbica	1	340,909	340,909	4,091 ^{ns}
Reg. 4º grau	1	531,143	531,143	6,374*
Reg. 5º grau	1	1,055	1,055	0,013 ^{ns}
Tratamentos	7	4040,000	577,143	6,926
Resíduo	24	2000,000	83,333	-
Total	31	6040,000	-	-
CV (%)				10,93

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* : significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

^{ns}: não significativo ($p > 0,05$)

APÊNDICE C – Resumo da análise de variância do índice de velocidade de emergência (IVE), em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com tratamentos utilizando o ácido sulfúrico para superar a dormência em semente de mucuna preta

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Reg. Linear	1	8,271	8,271	66,802**
Reg. Quadrática	1	10,709	10,709	86,492**
Reg. cúbica	1	1,534	1,534	12,386**
Reg. 4º grau	1	1,298	1,298	10,484**
Reg. 5º grau	1	0,0369	0,0369	0,298 ^{ns}
Tratamentos	7	22,007	3,144	25,390
Resíduo	24	2.972	0,124	-
Total	31	24,979	-	-
CV (%)				10,95

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

^{ns} : não significativo ($p > 0,05$)

APÊNDICE D – Resumo da análise de variância do tempo médio de emergência (TME), em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com tratamentos utilizando o ácido sulfúrico para superar a dormência em semente de mucuna preta

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Reg. Linear	1	88,899	88,899	487,527**
Reg. Quadrática	1	71,953	71,953	394,596**
Reg. cúbica	1	40,353	40,353	221,297**
Reg. 4º grau	1	11,590	11,590	63,561**
Reg. 5º grau	1	2,719	2,719	14,914**
Tratamentos	7	219,186	31,312	171,718
Resíduo	24	4,376	0,182	-
Total	31	223,562	-	-
CV (%)				5,75

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

APÊNDICE E – Resumo da análise de variância das variáveis massas de matéria seca da raiz (MMSR), da parte aérea (MMSPA) e total (MMST) provenientes de um experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos cada um com quatro repetições aplicados em sementes de mucuna preta para superar dormência

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		MMSR	MMSPA	MMST
Tratamentos	15	0,207**	16,304**	19,743**
Resíduo	48	0,109	2,138	3,040
Total	63	-	-	-
CV (%)	-	47,07	21,87	23,59

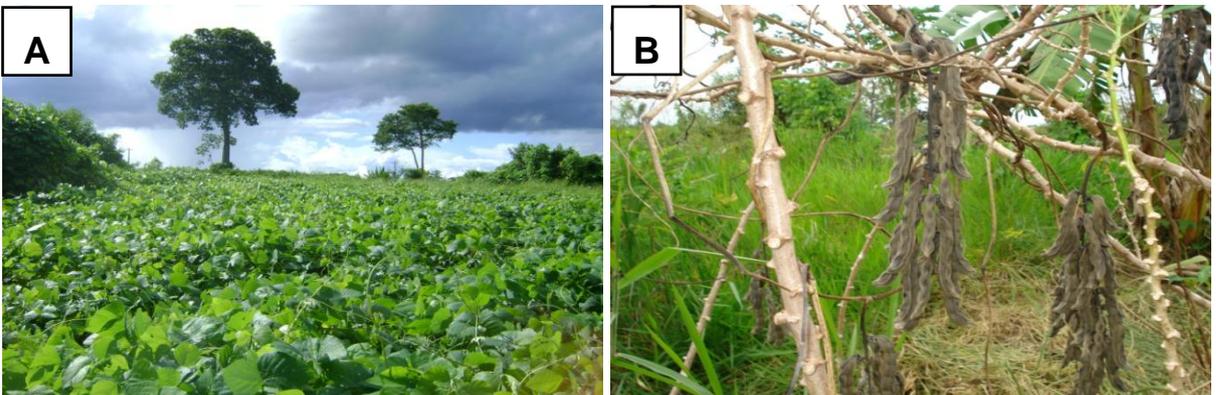
** : significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

ANEXOS

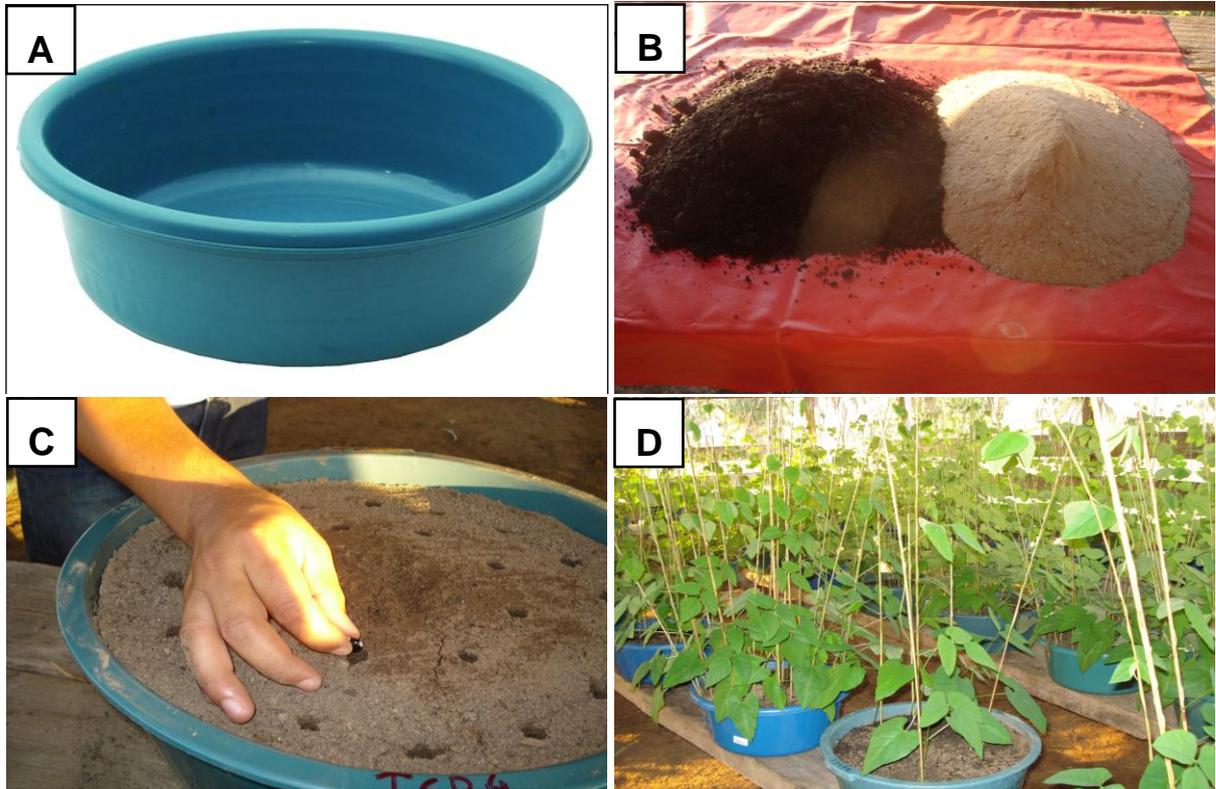
ANEXO A – Colônia Betânia, local de condução do experimento



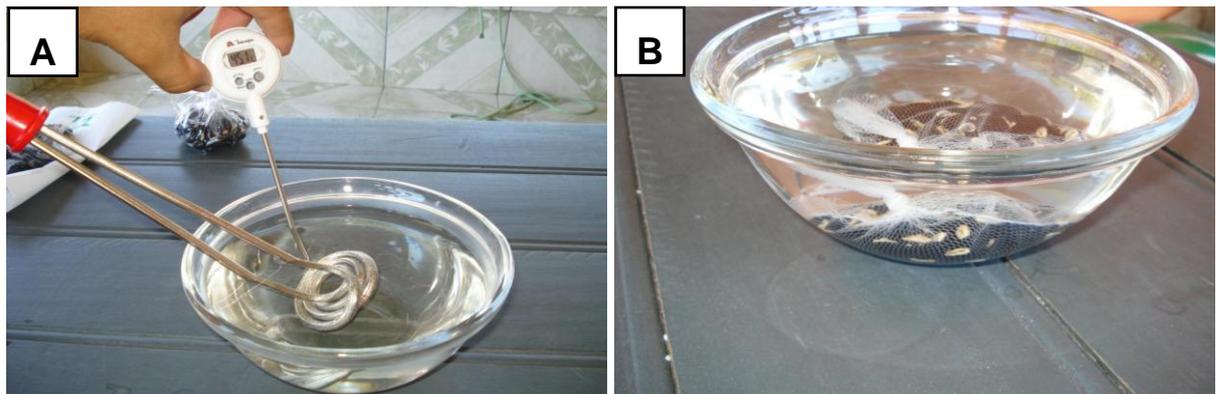
ANEXO B – Cultivo da mucuna preta (A) e vagens no ponto de colheita (B)



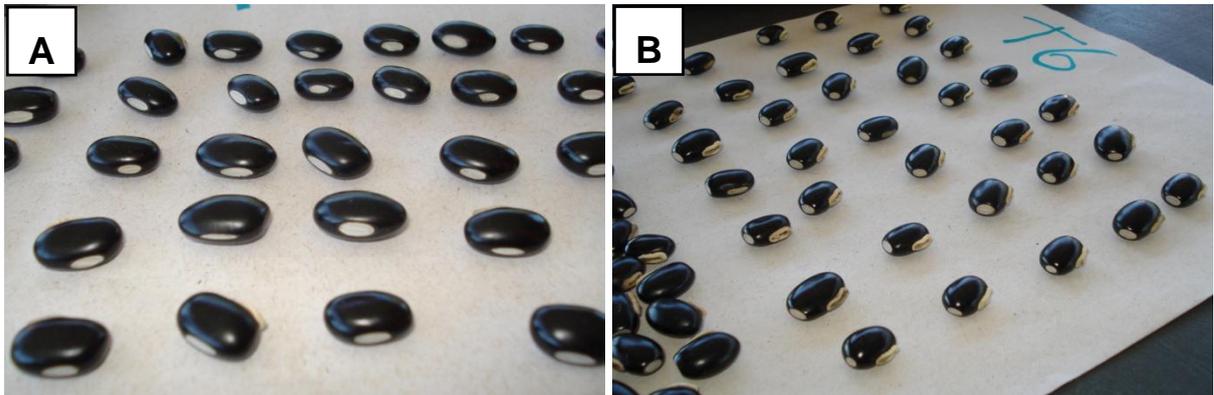
ANEXO C – Bacia plástica (A), preparo do substrato com areia e subras® (B), sementes semeadas a dois centímetros de profundidade (C) e plântulas tutoradas (D)



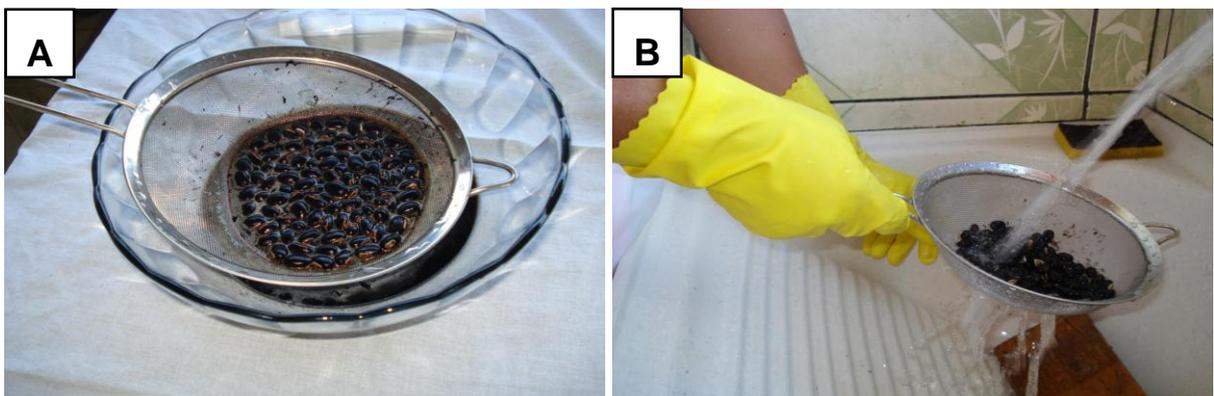
ANEXO D – Procedimento para aquecimento da água (A) e sementes imersas até a água atingir temperatura ambiente (B)



ANEXO E – Escarificação da semente no lado oposto ao hilo (A) e na região distal da semente (B)



ANEXO F – Sementes imersas em ácido sulfúrico (A) e lavagem das sementes em água corrente (B)



ANEXO G – Sementes expostas ao sol

