



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

**AR SECO E AQUECIDO NO PROCESSO DE DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE *Brachiaria humidicola***

ANTONIO MARCELO PEREIRA

**AR SECO E AQUECIDO NO PROCESSO DE DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE *Brachiaria humidicola***

ANTONIO MARCELO PEREIRA

Dissertação apresentada à Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Ceci Castilho Custódio

633.2
P436t

Pereira, Antonio Marcelo

Ar seco e aquecido no processo de dormência e germinação de sementes de *Brachiaria humidicola* / Antonio Marcelo Pereira. – Presidente Prudente, 2012.

63 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista. – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2012.

Bibliografia.

Orientadora: Ceci Castilho Custódio

1. Germinação. 2. Capim. 3. Ácido Sulfúrico.
4. Ar Aquecido. I. Título.

ANTONIO MARCELO PEREIRA

**AR SECO E AQUECIDO NO PROCESSO DE DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE *Brachiaria humidicola***

Dissertação apresentada à Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 27 de setembro de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Ceci Castilho Custódio
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente- SP

Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Pr.

Prof. Dr. Fábio Fernando de Araújo
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente- SP

DEDICATÓRIA

A minha família que sempre esteve ao meu lado me incentivando neste caminho, compartilhando os momentos de dúvidas e angústias.

A professora orientadora Dra Ceci Castilho Custódio pela orientação, dedicação e paciência na realização deste trabalho e por ter me proporcionado um novo aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e especialmente a Deus pela ajuda, força e perseverança;

A minha família pelo apoio e carinho;

A professora orientadora, Dra. Ceci Castilho Custódio, pelos ensinamentos e confiança no desenvolvimento deste trabalho;

A Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo, pela oportunidade;

Aos meus amigos, em especial Érick Malheiros Rampazo, pela força e atenção;

Aos funcionários da UNOESTE que participaram da realização deste trabalho, em especial Edna Antonia Torquato de Agostini, Márcia Guaberto e Lindaura Helena da Silva;

Às empresas que doaram as sementes: Sementes Matsuda, Sementes Quintana e Sementes Facholli;

A todos aqueles que contribuíram para que este percurso pudesse ser concluído.

Finalmente à Universidade do Oeste Paulista e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade.

“É na experiência da vida que o homem evolui.”

H. Spencer

RESUMO

Ar seco e aquecido no processo de dormência e germinação de sementes de *Brachiaria humidicola*

O ácido sulfúrico tem mostrado eficiência na superação da dormência em sementes, porém o uso do mesmo traz riscos efetivos aos trabalhadores e ao meio ambiente. O trabalho foi conduzido com o objetivo estudar a efetividade do tratamento com ácido sulfúrico, preconizado pelas RAS, e o emprego de ventilação com ar seco e aquecido na superação da dormência e desempenho germinativo de sementes de seis lotes de capim *Brachiaria humidicola* cv. Tully. O trabalho realizou comparações entre os efeitos fisiológicos de tratamentos térmicos de 45, 55, 65 e 75°C, com períodos de 24 e 48 horas e o químico (imersão em ácido sulfúrico concentrado) por 10 minutos, constituindo-se oito tratamentos e duas testemunhas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram avaliados a germinação das sementes, o índice de velocidade de germinação, o teste de tetrazólio e a massa seca das plântulas. O uso de temperaturas variadas e controladas e o uso convencional de H₂SO₄ são mecanismos de superação de dormência, porém em lotes com maior vitalidade ocorreram resultados iguais ao tratamento convencional com ácido sulfúrico, podendo ser considerado uma alternativa. De maneira geral, o trabalho não indicou o melhor período (24 ou 48h), para emprego da ventilação com ar seco, entretanto a temperatura de 60°C, para os lotes de maior vitalidade (L1, L3 e L5), pode ser recomendada. O H₂SO₄ nos lotes com maior vitalidade não mostrou significância estatística em relação à testemunha, porém para os lotes com menor vitalidade ocorreu deterioração fisiológica da semente.

Palavras-chave: *Urochloa humidicola*, gramínea, ácido sulfúrico, ar aquecido, secagem.

ABSTRACT

Dry and heated air in dormancy overcoming and germination of *Bracharia humidicola*

Sulfuric acid use has shown effectiveness in overcoming dormancy, even though its effective use carry some risks to the workers and environment. The work was carried out to study the sulfuric acid treatment effectiveness, recommended by the RAS, and ventilation with dry and heated air to overcome the dormancy and the germination performance of six seed lots *Bracharia humidicola* cv. Tully. The work performed comparisons between the physiological effects of heat treatments at 45, 55, 65 and 75 °C, during 24 and 48 hours periods and chemical scarification (immersion in concentrated sulfuric acid) for 10 minutes, constituting eight treatments and two controls. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. The seed germination, the germination velocity index, the tetrazolium test and seedling dry weight were evaluated. The use of controlled temperatures and of H₂SO₄ are mechanisms to overcome dormancy, but in greater vitality batches results were equal to conventional treatment with sulfuric acid, which can be considered as an alternative. Generally, the work did not indicate the best period (24 or 48 hours), for use with dry air ventilation, however a temperature of 60 °C for lots with high vitality (L1, L3 and L5) may be recommended. The H₂SO₄ use in lots with greater vitality was not statistically significant compared with the control, but for lots with less vitality physiological deterioration occurred in the seeds.

Keywords: *Urochloa humidicola*, grass, sulphuric acid, heated air, drying.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação esquemática das transições entre dormência e germinação, caracterizando a ocorrência de ciclos de dormência na mesma semente.....	23
Figura 2 -	Representação esquemática do mecanismo de indução e mecanismo de superação de bloqueio.....	25
Figura 3 -	Germinação (G) de sementes de três lotes (L1, L3 e L5) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.....	38
Figura 4 -	Germinação (G) de sementes de três lotes (L2, L4 e L6) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.....	40
Figura 5 -	Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de três lotes (L1, L3 e L5) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido...	42
Figura 6 -	Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de três lotes (L2, L4 e L6) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido...	44
Figura 7 -	Massa seca de plântula (MS) provenientes de sementes de três lotes (L1, L3 e L5) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.....	46
Figura 8 -	Massa seca de plântula (MS) provenientes de sementes de três lotes (L2, L4 e L6) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Fatores que induzem ou permitem superar a dormência, em comparação com fatores que previnem ou favorecem a germinação.....	26
Tabela 2 -	Germinação (%) de sementes de seis lotes de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully.....	51
Tabela 3 -	Sementes remanescentes dormentes (%) de três lotes (L1, L3 e L5) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully.....	53
Tabela 4 -	Sementes remanescentes dormentes (%) de três lotes (L2, L4 e L6) de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully.....	55
Tabela 5 -	Índice de velocidade de germinação de sementes de seis lotes de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully.....	56
Tabela 6 -	Massa seca de plântulas (g) provenientes de sementes de seis lotes de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Tully.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Dormências de Sementes.....	15
2.2 Tipos e Causas da Dormência.....	22
2.3 Tratamentos para Superar a Dormência.....	28
2.4 Superação da Dormência em Gramíneas Forrageiras.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As sementes são estruturas biológicas complexas que guardam, em seu interior, os resultados evolutivos de milhares de anos enfrentando riscos durante a dispersão e as mais variadas ameaças à sobrevivência e ao estabelecimento das plântulas, diante de adversidades naturais do ambiente ou provocadas pela ação de agentes bióticos. As sementes são constituídas por tecido de reserva endospermático ou cotiledonar e eixo embrionário, cujo crescimento está suspenso temporariamente, ambos protegidos por um envoltório ou cobertura, a qual é responsável por várias funções, incluindo papel importante como regulador da germinação (KIGEL; GALILI, 1995).

A garantia da sobrevivência da espécie constitui a razão fundamental para a existência de sementes. Além dessa importante função biológica, representam o alicerce da produtividade agrícola e se prestam a inúmeras aplicações diretas e indiretas na alimentação humana e animal; constituem fontes de matéria prima para a obtenção de inúmeros produtos de ampla utilização industrial e vários outros essenciais à manutenção e ao aprimoramento da qualidade da vida humana.

As sementes simbolizam tanto a continuidade como a diversidade. Assim, à medida que os métodos de melhoramento genético se refinam, proporcionando resultados cada vez mais surpreendentes, cresce a demanda pela produção de sementes com desempenho eficiente, tanto em condições de campo como durante o armazenamento (KIGEL; GALILI, 1995).

As gramíneas do gênero *Brachiaria* constituem hoje, no Brasil, as principais espécies de forrageiras cultivadas nas áreas de cerrado. O grande interesse dos pecuaristas pelas espécies do gênero *Brachiaria*, deve-se a sua grande capacidade de produção de matéria seca, apresentando poucos problemas de doenças e mostrando bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco; além disso, a importância do gênero é incrementada pela adaptabilidade que as espécies apresentam a vários tipos de solos.

As pastagens cultivadas são à base da produção da pecuária bovina, tanto leiteira como a de corte. As espécies do gênero *Brachiaria* passaram a ter

maior importância a partir da década de 1970, por ocuparem grandes extensões territoriais.

A *Brachiaria humidicola* nativa do leste e sudeste da África tropical, especialmente de zonas com altas precipitações, é uma gramínea perene, estolonífera, de hábito de crescimento semi-ereto a prostrado. O modo de seu crescimento, com grande número de gemas rente ao solo, explica sua tolerância a manejo baixo e intenso, suportando altas cargas animais. Esse tipo de gramínea tem uma velocidade de cobertura de solo bastante lenta, por apresentar dormência em suas sementes o que corrobora para a desuniformidade na germinação.

Sementes dormentes são aquelas que embora apresentem as partes essenciais do embrião vitais ou vivas, não germinam mesmo em condições apropriadas. A literatura, de maneira geral, destaca a dormência das sementes como fator dificultador do estabelecimento da pastagem de gramíneas no Brasil. A dormência de sementes é um mecanismo eficiente para garantir a sua sobrevivência e a perpetuação da espécie. No entanto, tecnologicamente pode representar um problema considerável, acarretando atrasos, desuniformidade de germinação, entre outros.

Nas gramíneas forrageiras tropicais, a expressão da dormência se associa a causas fisiológicas presentes em sementes recém colhidas, progressivamente suprimidas durante o armazenamento, ou físicas, provavelmente relacionadas a restrições impostas à entrada de oxigênio (WHITEMAN; MENDRA, 1982).

O desempenho dos lotes pode ser modificado pela dormência, pelo vigor e pelo histórico das sementes. A imersão de sementes em ácido sulfúrico (H_2SO_4), visando superação de dormência, apesar de ser eficiente, apresenta inconveniências relacionadas à segurança do trabalhador e ao descarte dos dejetos no ambiente. Apesar de se conhecerem algumas substâncias que neutralizem os rejeitos, técnicas mais econômicas e práticas seriam mais aceitas pelas empresas do setor.

Além da escarificação com ácido sulfúrico, as Regras para Análise de Sementes (RAS) recomendam, apenas para *Brachiaria brizantha*, ventilação com ar seco e aquecido, porém esse método é menos utilizado em laboratórios e por empresas de sementes.

O estado do conhecimento, em sementes de gramíneas forrageiras tropicais, não oferece segurança para orientar, de modo conclusivo, procedimentos capazes de impedir a expressão da dormência no estabelecimento de pastagens.

Pela escassez de informações em sementes de *Brachiaria humidicola*, foi montada esta pesquisa com o objetivo de estudar a efetividade do tratamento com ácido sulfúrico, preconizado pelas RAS, e o emprego de ventilação com ar seco e aquecido na superação da dormência e desempenho germinativo de sementes de seis lotes desta espécie.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dormência de Sementes

De acordo com vários autores a dormência é um fenômeno em que as sementes não germinam mesmo quando colocadas diante de condições favoráveis de ambiente, devido à ação de fatores internos ou causas determinadas pela própria semente. A dormência é o estado de repouso fisiológico, em que a semente em virtude de sua estrutura ou composição química possui um ou mais mecanismos bloqueadores de germinação (VILLIERS, 1972). Dizem-se dormentes as sementes que, depois de expostas a determinadas condições do ambiente, durante a maturação ou após a maturidade, apresentam alteração restritiva das condições exigidas para a germinação (LABOURIAU, 1983).

Segundo este autor, os efeitos do ambiente têm caráter indutivo e só podem ser removidos por tratamento específicos, também de caráter indutivo, e em geral, diferente das condições causadoras da dormência; o mesmo também destacou que a dormência não é uma condição negativa inespecífica nem sinônimo de “falta de germinação”, corresponde a uma modalidade de desenvolvimento, um padrão de diferenciação da semente. Não compreende a suspensão completa de todas as atividades metabólicas, verificando-se a síntese de proteínas e de RNA. Demonstra-se, assim, que a semente dormente pode apresentar atividade metabólica, mesmo que em níveis muito baixo (LABOURIAU, 1983).

A diversidade de conceituação sobre a dormência pode ser ilustrada pela opinião de Egley (1995), segundo a qual: “a dormência é considerada a incapacidade do embrião reassumir nível suficiente de crescimento para a protrusão da raiz primária, mesmo quando os fatores de inibição foram removidos e as condições do ambiente são favoráveis a germinação”. A aceitação dessa proposta implica que haveria dificuldade para diferenciar uma semente dormente de outra com baixo potencial fisiológico. Na verdade, se não há fatores de inibição ou bloqueio e o ambiente é favorável, a semente deveria germinar, a não ser que estivesse em grau avançado de deterioração.

Segundo Egley (1995), a dormência não representa um “defeito” da semente, de modo que não germinar não significa estar dormente. Em outras

palavras, falta de germinação não é sinônimo de dormência, e nem sempre a inibição é determinada pela ação de compostos químicos.

Aliás, de acordo com Hilhorst (1995), a dormência é um dos fenômenos menos compreendidos da biologia de sementes, e uma das causas determinantes dessa situação é a falta de uma definição consciente e consensual para identificar a dormência. Sugeriu que a única causa da dormência com princípio muito bem definido é a impermeabilidade do tegumento (ou cobertura) da semente à água. Segundo esse autor, “a dormência é a ausência de germinação de uma semente intacta e viável, sob condições favoráveis, durante determinado período de tempo”.

Por outro lado, Lang (1987) e Lang et al. (1987), sugeriram a ampliação da terminologia utilizada para caracterizar a dormência, propondo termos como **endodormência** para identificar os casos em que os fatores controladores, a percepção dos sinais e a resposta a eles estão localizados na estrutura afetada, ou seja, o embrião. A **paradormência** refere-se à situação em que tecidos externos à semente, por exemplo, os localizados no fruto, seriam os causadores do bloqueio a germinação. Finalmente a **ecodormência** seria caracterizada pela deficiência de condições ambientais adequadas para a germinação; esse termo aparentemente foi proposto para substituir **quiescência**. Embora toda nova conceituação provoque discussões, as sugestões de Lang também criam certo grau de polêmica, ao considerar que a dormência ocorre tanto em resposta a condições menos favoráveis do ambiente como pela ausência de componentes ambientais que permitam a retomada do crescimento embrionário, em sementes que não apresentam qualquer mecanismo de bloqueio às atividades metabólicas (MARCOS FILHO, 2005).

Diante das opções apresentadas, a definição proposta por Villiers (1972), constitui aquela que expressa à idéia mais consistente do fenômeno. Assim, se a germinação for considerada a retomada das atividades de crescimento, será necessária a identificação das atividades que, ao serem suspensas, determinaram a paralisação do crescimento. Provavelmente, a principal diferença entre sementes quiescentes e dormentes quanto à germinação situa-se no grau de repressão genética e de inibição ou deficiência metabólica. Na germinação das quiescentes, o metabolismo oxidativo inicial é anaeróbico e os agentes disparadores, como a água, facilitam a ativação das etapas subseqüentes. Posteriormente, o metabolismo oxidativo torna-se aeróbico, acompanhado pela transcrição diferencial do genoma;

todo esse processo é facilitado por agentes endógenos de germinação, cujos representantes mais expressivos são os hormônios.

Por outro lado, em sementes dormentes, vários eventos intermediários requerem agentes ativadores específicos para desencadear processos hidrolíticos e oxidativos ou para atenuar deficiências metabólicas. As sementes de milho, que não apresentam dormência, germinam prontamente após a absorção de água; trata-se de uma aptidão “agrícola” importante, mas essa espécie teria dificuldade de sobreviver na natureza, sem a interferência do homem (VILLIERS,1972).

A análise da importância da dormência depende do ângulo da abordagem da questão. Sob o ponto de vista da fisiologia vegetal, a dormência representa recurso eficaz para a preservação da continuidade da espécie, constituindo mecanismo de resistência a condições desfavoráveis de ambiente e garantindo que a germinação ocorra apenas quando as condições se tornam propícias à retomada do metabolismo. Uma das associações mais evidentes entre as sementes ou as gemas vegetativas e as variações estacionais das condições ambientais se manifesta através da percepção das variações de temperatura. Como exemplo, as sementes de arroz superam a dormência quando expostas à temperaturas elevadas e a rapidez da resposta é diretamente proporcional ao acréscimo da temperatura, situação semelhante a que ocorre sob a influência de temperaturas alternadas. Essa habilidade permite a ocorrência de ciclos alternados de indução/liberação da dormência e, com isso, sincronizar a germinação em estações de clima favorável e evitá-la sob condições adversas (LEOPOLD, 1996).

Segundo Leopold (1996), a dormência seria uma característica semelhante à diapausa, verificada no ciclo evolutivo de insetos, garantindo o preparo para a passagem à fase adulta e a adaptação a diferentes condições do ambiente.

Além de exibir longevidade prolongada, outra contribuição fundamental das sementes dormentes para a sobrevivência da espécie é a ampliação do período em que ocorre a germinação de uma população, isto é, a distribuição da germinação no tempo. Essa característica é exibida por várias espécies de plantas silvestres (plantas daninhas), aumentando as oportunidades para o estabelecimento das plântulas. A dormência também permite a adaptação da germinação às variações das condições ambientais, muitas vezes erráticas.

A expressão **banco de sementes** tem sido utilizada para designar o reservatório de sementes vivas presentes no solo, sendo constituído por sementes

não germinadas, mas potencialmente capazes de substituir as plantas anuais ou as perenes que desaparecem naturalmente ou por ação de agentes bióticos ou abióticos. Todas as sementes vivas presentes ou misturadas a entulhos com terra constituem esse banco de sementes (CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998).

Nos sistemas de produção agrícola, esse banco está relacionado ao estudo da biologia e de práticas de controle de plantas daninhas. Os solos cultivados apresentam uma quantidade enorme de sementes, a maioria dormente, com ausência ou atraso da germinação. Esse banco de sementes pode ser constituído, em média, por 20.000 a 100.000 sementes/m², cada uma aguardando algum sinal do ambiente para germinar. Na verdade, a movimentação do solo durante as operações de preparo para a semeadura, geralmente destinada à destruição de invasoras, estimula a germinação de muitas das sementes enterradas. Há dois fatores considerados os principais responsáveis por este estímulo: o contato entre os implementos e as sementes, promovendo alterações na superfície do tegumento, e a exposição das sementes à luz.

A dormência facilita à atuação eficiente dos mecanismos de dispersão associados, com freqüência, a atuação de animais, tanto na natureza como na exploração comercial; vários deles alimentam-se de sementes e contribuem para a disseminação, ao eliminá-las após a passagem pelo trato digestivo. Evidentemente, há certa mortalidade de sementes ao percorrer este caminho, mas, em vários casos a leve acidez pode promover a superação da dormência de gramíneas ou a germinação de sementes com tegumento impermeável à água (CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998).

É provável que, durante a evolução dos vegetais, a dormência tenha passado a representar não apenas o mais dramático, mas também o principal mecanismo de adaptação visando tanto o controle do desenvolvimento de plantas como a sua sobrevivência. A habilidade de suspender o crescimento, mesmo em presença de quantidade suficiente de água e de outros fatores ambientais supostamente favoráveis, constitui um atributo altamente eficiente para o controle do desenvolvimento; é uma característica impar em espécies não submetidas à domesticação, porque a maioria dos programas de melhoramento genético de cultivares procura atenuar ou eliminar a dormência (CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998).

A dormência das sementes pode ser definida como o fenômeno em que sementes viáveis não germinam mesmo em condições ambientais favoráveis, fornecendo assim um tempo adicional para sua dispersão natural (TAIZ; ZEIGER, 2004). O mecanismo de dormência apresenta peculiaridades para diferentes espécies, tornando difícil qualquer generalização sobre suas causas, as quais podem ocorrer de forma independente ou combinada, como acontece na maioria das gramíneas forrageiras (PREVIERO; GROTH; RAZERA, 1998). Nas gramíneas forrageiras tropicais, a expressão da dormência se associa a causas fisiológicas presentes em sementes recém-colhidas, progressivamente suprimidas durante o armazenamento, ou físicas, provavelmente relacionadas a restrições impostas pela cobertura da semente à entrada de oxigênio (WHITEMAN; MENDRA, 1982).

Diversas plantas invasoras de campos agrícolas apresentam sementes que têm sua dormência superada de forma progressiva, ou seja, a dormência das sementes é superada coletiva ou separadamente, não havendo uniformidade na germinação. Na agricultura a necessária superação da dormência em sementes é facilitada quando as práticas culturais podem ser aplicadas de forma contínua e uniforme (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Para que se dê a superação de dormência é preciso ocorrer fatores internos e externos que possibilitem o desenvolvimento do embrião. Os métodos de superação da dormência são agrupados segundo sua principal forma de atuação na semente, podendo ser químicos ou físicos (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Por outro lado, quando as plantas exploradas economicamente constituem objeto desta análise, a dormência é considerada benéfica quando impede a germinação enquanto as sementes permanecem presas à planta-mãe, quando confere maior grau de tolerância a condições menos favoráveis em campo ou durante o armazenamento e, conseqüentemente, permite a conservação do poder germinativo durante período prolongado (MARCOS FILHO, 2005).

Não é apenas sob os pontos de vista biológico e agrícola que se verificam vantagens da dormência. Existem, por exemplo, cultivares de trigo e de cevada que possuem sementes dormentes. Nessas espécies em cultivares que não apresentam dormência, a ocorrência de chuvas entre a maturidade fisiológica e a colheita pode provocar a germinação de sementes ainda presas à planta (CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998).

A sensibilidade à germinação das sementes ainda ligadas a planta é determinada pelo genótipo, porém com influência marcante do ambiente durante a maturação, induzindo à dormência de maior ou menor intensidade. É preferível que a cevada utilizada na indústria do malte não apresente dormência, permitindo que os grãos possam ser utilizados logo após a colheita e não exigindo período de armazenamento para que o bloqueio à germinação seja superado. Paralelamente, a germinação antes da colheita também é indesejável porque o potencial de armazenamento é severamente afetado, além dos possíveis prejuízos causados pela dessecação das sementes pré-germinadas, em fase em que não são tolerantes (BENECH-ARNOLD, 2003); o mesmo ocorre com o trigo destinado à panificação.

No entanto, predominam as desvantagens da ocorrência de sementes dormentes, em espécies cultivadas. A distribuição da germinação no tempo, a redução da percentagem de emergência de plântulas e a conseqüente desuniformidade no estabelecimento do estande afetam de maneira negativa o desempenho de lotes de sementes. Da mesma forma, a contribuição para a longevidade de sementes de plantas invasoras, para a ocorrência de plantas voluntárias ou espontâneas, a necessidade de tratamento pré-semeadura (freqüentemente não disponível) e os problemas causados a condução e interpretação de testes de germinação em laboratório são aspectos que contribuem para considerar a dormência uma característica indesejável (BENECH-ARNOLD, 2003).

Os efeitos do ambiente sobre o desenvolvimento das plantas e suas conseqüências na germinabilidade ou no grau de dormência das sementes têm sido comentados na literatura, envolvendo várias espécies. O volume de resultados disponíveis é aparentemente vasto, mas predominam estudos abordando, com certa superficialidade, diferentes aspectos da questão, gerando informações parciais e aparentemente descontínuas, acentuando a necessidade de sintetizar informações de várias origens e profundidades para estabelecer um nível mínimo de organização do conhecimento. Além disso, a pesquisa tem se concentrado principalmente em países europeus e norte-americanos, dirigindo-se principalmente a espécies de clima temperado, geralmente sem expressão econômica (BENECH-ARNOLD, 2003).

No Brasil, são pouco freqüentes as pesquisas conduzidas para desvendar aspectos básicos da dormência; os trabalhos geralmente se destinam a

comparação de métodos para superá-la, mas também não se verifica grande preocupação em associar os procedimentos à possível causa da dormência. Nota-se, também nesse aspecto, certa descontinuidade da pesquisa (MARCOS FILHO, 2005).

Um dos principais fatores que dificultam o estabelecimento de conclusões consistentes sobre o assunto é a diversidade de procedimentos adotados para avaliação da viabilidade e da dormência. Além disso, como a dormência apresenta diferentes causas, também ligadas à espécie ou cultivar considerado, é previsível que o mesmo fator do ambiente exerça efeitos distintos sobre a profundidade de dormência das sementes de espécies diferentes (MARCOS FILHO, 2005).

O controle da dormência das sementes pode ser dividido em quatro etapas, a saber: indução, manutenção, suspensão do bloqueio e germinação. A dormência é um fenômeno induzido, pré-estabelecido durante a maturação, em resposta a condições específicas do ambiente. A fase de manutenção é caracterizada por atividade metabólica relativamente baixa, devido ao estabelecimento de mecanismos de bloqueio. A superação desse bloqueio pode ocorrer dentro de prazos variáveis, mediante a ação de fatores externos detectados pela semente. Superada a dormência, a semente está em condições para a retomada do metabolismo rumo à formação da plântula (AMEN, 1968).

A dormência é uma característica determinada por fatores genéticos, mas a indução ocorre devido à influência do ambiente durante a maturação. Como é atribuída a várias causas, pode-se esperar que um mesmo fator do ambiente possa apresentar efeitos variáveis de acordo com a espécie considerada, dependendo do mecanismo endógeno envolvido e da possível influência da presença ou não de sementes “vizinhas” no mesmo fruto ou na infrutescência.

As diferenças na germinabilidade (heteroblastia), em função da posição em relação a outras sementes da mesma planta, é conhecida também em gramíneas (MARCOS FILHO, 2005).

Variações acentuadas na germinação também podem ser causadas pela falta de uniformidade dentro de um lote de sementes; isso pode ser resultado do fato de as sementes não apresentarem o mesmo estágio de desenvolvimento no momento em que são colhidas. Assim, a germinabilidade de uma semente é determinada pelo microambiente imposto a ela pela planta-mãe, que por sua vez, é

afetada pelas condições do ambiente externo, determinando a indução da dormência. A falta de informações precisas sobre as reais causas da dormência, o metabolismo de sementes dormentes e a diversidade de fatores que afetam a indução da dormência dificulta a elucidação do fenômeno (AMEN, 1968).

Outro aspecto desfavorável à identificação de efeitos é a interdependência dos fatores ambientais (MARCOS FILHO, 2005).

2.2 Tipos e Causas da Dormência

A dormência primária é verificada sistematicamente em determinadas espécies, com intensidade variável, independentemente do ano e local de produção ou região de ocorrência; trata-se, portanto, de uma característica ou padrão de desenvolvimento específico e programado geneticamente. Como ocorre, por exemplo, nas sementes de várias gramíneas (HILHORST, 1998).

Por outro lado, a dormência secundária ocorre esporadicamente, também em resposta a determinada condição do ambiente. Nesse caso, a semente é programada para desencadear a manifestação do mecanismo que determina a dormência, mas geralmente não está dormente quando se desliga fisiologicamente da planta-mãe. Portanto, a semente pode adquirir a dormência secundária sem ter sido dormente ou após ter superado a dormência primária. A dormência secundária também se instala durante a maturação, mas o aparato que conduz a sua manifestação permanece em recesso e somente é ativado em situações especiais. No entanto, ainda não se sabe até que ponto há ou não diferenças fisiológicas entre a dormência primária e a secundária (HILHORST, 1998).

A indução e a superação da dormência secundária podem ocorrer sucessivamente na mesma semente, dependendo das variações do ambiente, até que as condições se tornem amplamente favoráveis para a germinação. Esse fenômeno é conhecido como “ciclos de dormência” (Figura 2), em que a dormência pode se manifestar sob a ocorrência de condições subótimas do ambiente, após o declínio da dormência primária (HILHORST, 1998).

Sementes de várias espécies germinam sempre na mesma época do ano, principalmente porque respondem a ciclos estacionais da temperatura do solo. Um bom exemplo são as sementes de “plantas de verão”, as quais germinam

quando a temperatura do solo está se elevando após o inverno, enquanto as de “inverno” germinam quando expostas as temperaturas moderadas. Esse comportamento cíclico envolve a transição gradual entre a dormência profunda e a superficial.

Como resultado do ciclo de dormência, a germinação é limitada a certas épocas do ano quando o bloqueio imposto é reduzido ou superado, ao mesmo tempo em que o ambiente é favorável ao desenvolvimento da planta; nas espécies de inverno, a tentativa é evitar a inibição do crescimento provocada por temperaturas elevadas. Os ciclos de dormência em bancos de sementes do solo ocorrem a longo prazo porque a profundidade de dormência altera-se com o decorrer das estações do ano (HILHORST, 1998).

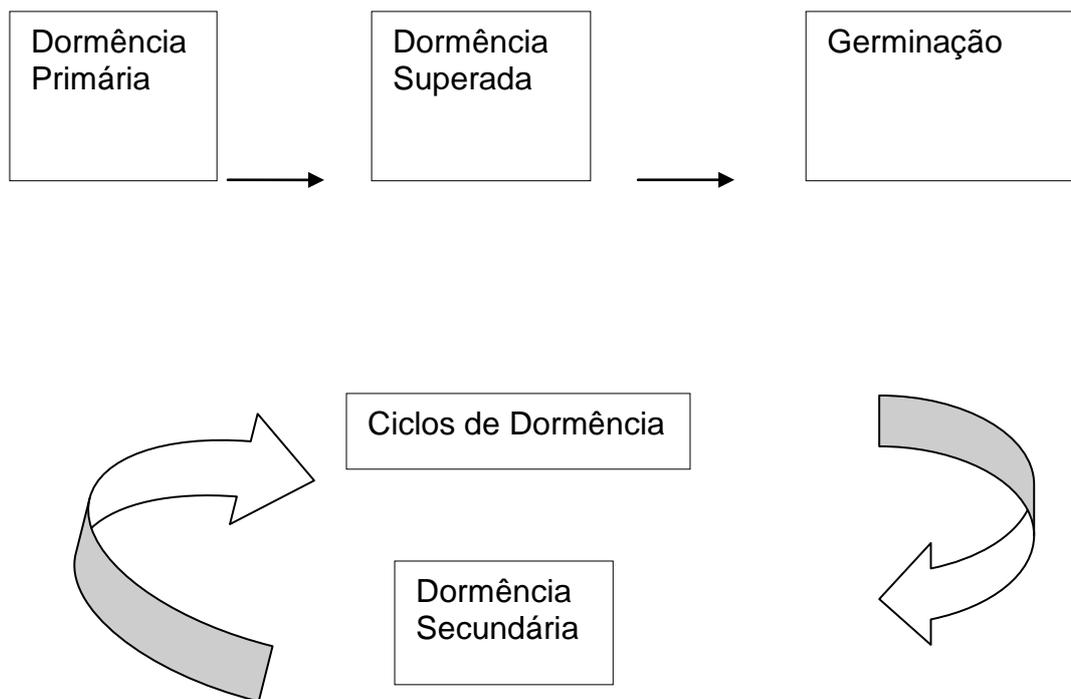


Figura 1 - Representação esquemática das transições entre dormência e germinação, caracterizando a ocorrência de ciclos de dormência na mesma semente.

Fonte: HILHORST (1998) adaptado por MARCOS FILHO (2005).

Em várias espécies, a dormência primária é caracterizada por uma relativa insensibilidade à ação de giberelinas, enquanto durante os ciclos de dormência é constatada sensibilidade elevada. A partir desse exemplo, pode-se concluir que a dormência primária e a secundária diferem quanto às respostas a

fatores que estimulam a germinação. Provavelmente, a superação da dormência primária também liberta a semente das características fisiológicas impostas enquanto ainda estava presa à planta-mãe.

A ocorrência de germinação espontânea de sementes de plantas invasoras é observada em todos os anos agrícolas. Assim, as sementes presentes num banco, no solo, são induzidas a germinar num período muito próximo à época de semeadura. A explicação mais provável para o fenômeno é a ocorrência de ciclos de dormência em sementes componentes de “bancos” no solo.

A indução/superação da dormência são partes de um processo dinâmico e exigente de energia; ao mesmo tempo em que o estado de dormência pode ser revertido, a germinação é irreversível. Esses fatos são particularmente verdadeiros para as sementes cuja germinação sofre influência ou controle de fitocromo, do pré-resfriamento e/ou da concentração de giberelinas (KHAN, 1996). O conhecimento dessas relações indução/superação da dormência e a sua prevenção são importantes porque os fatores que as governam diferem acentuadamente dos que determinam a indução e a prevenção da germinação, constituindo a base para o monitoramento e a tomada de decisões para a adoção de prática adequada de manejo (Tabela 1 e Figura 2).

Assim, o complexo inibidor/promotor pode regular a germinação, coordenando uma seqüência de eventos metabólicos específicos; essa seqüência é ilustrada no esquema apresentado a seguir.

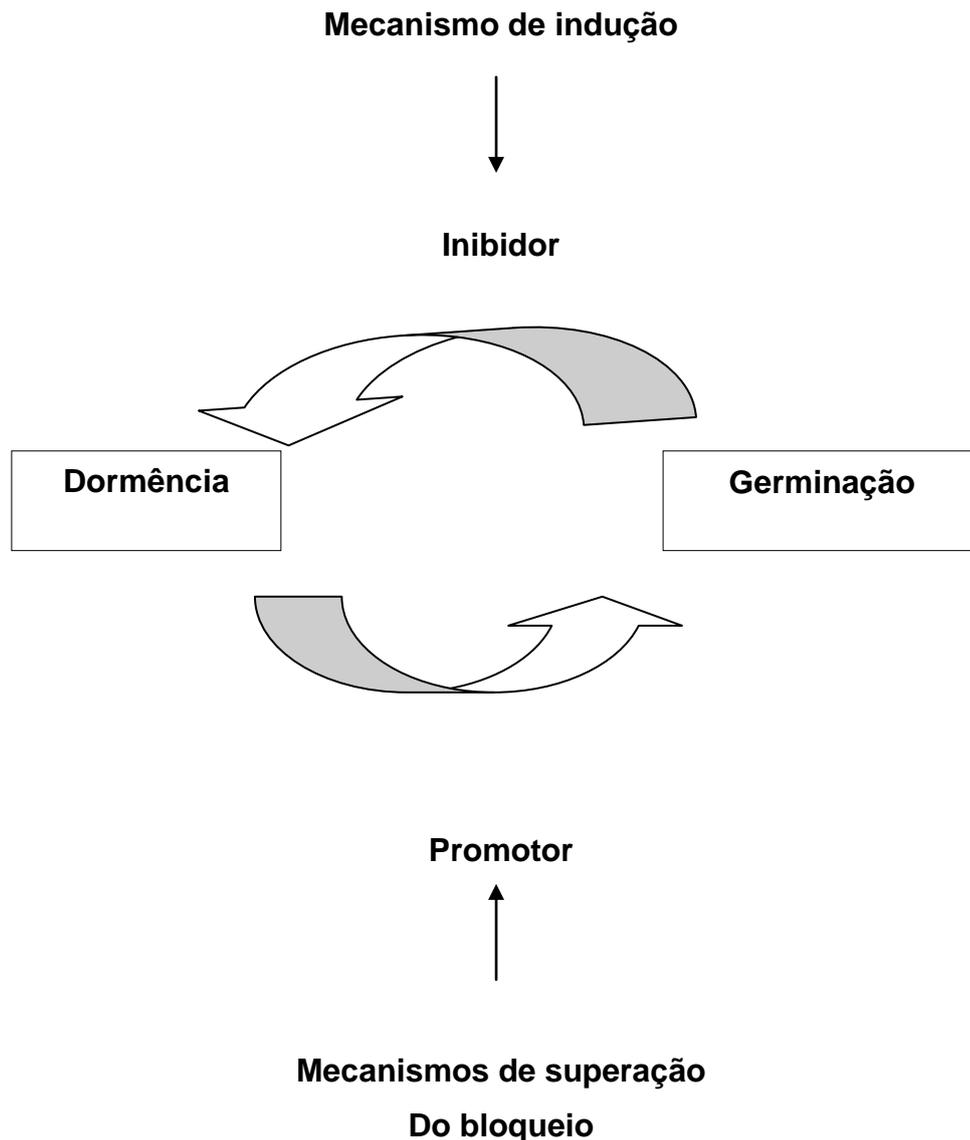


Figura 2 - Representação esquemática do mecanismo de indução e mecanismo de superação de bloqueio.

Fonte: HILHORST (1998) adaptado por MARCOS FILHO (2005).

A entrada em dormência geralmente não resulta em completa suspensão do desenvolvimento de embriões excisados ou isolados; apenas reduz a capacidade do embrião de gerar a força necessária para romper a “cobertura”; considerando-se, portanto, que as sementes dormentes podem exibir atividades características do crescimento, mas em nível muito baixo (HILHORST, 1998).

Os termos dormência primária e secundária têm sido utilizados para caracterizar os casos em que o fenômeno é induzido durante a maturação e após a colheita, respectivamente. Não há argumento baseado em conhecimentos de fisiologia vegetal que permita sustentar essa separação; ambas podem ser

superadas pelo mesmo tratamento e se manifestar em resposta a condições adversas do ambiente (HILHORST, 1998).

Tabela 1 - Fatores que induzem ou permitem superar a dormência, em comparação com fatores que previnem ou favorecem a germinação.

Induzem a dormência	Superam ou previnem a dormência	Previnem a germinação	Induzem a germinação
Carência ou não disponibilidade de giberelina	Disponibilidade de giberelina	Elevada ou baixa temperatura	Temperatura moderada
Inibição da síntese de giberelina	Síntese de giberelina	Baixo potencial hídrico	Alto potencial hídrico
Exposição prolongada a fatores que previnem a germinação no escuro	Pré-resfriamento de um ambiente úmido Irradiação luminosa	Anaerobiose	Citocinina
		Inibidores	Etileno
		Restrição imposta pela "cobertura"	Oxigênio

Fonte: (KHAN, 1996).

A dormência tem sido atribuída, em diversos relatos sobre o assunto, à impermeabilidade da “cobertura” (tegumento ou pericarpo) à água, impermeabilidade da “cobertura” a gases, resistência mecânica da “cobertura”, embrião rudimentar, imaturidade fisiológica, presença de substâncias inibidoras e combinação entre duas ou mais dessas características. Estas têm sido consideradas as “causas clássicas da dormência” (KHAN, 1996).

Outras classificações foram propostas por autores que já se dedicaram a análise do assunto e são apresentadas em seguida:

- Amen (1968) considerou a existência de duas causas básicas: a impermeabilidade do tegumento à água, ocorrendo em sementes exalbuminosas, e o equilíbrio entre promotores e inibidores da germinação, em albuminosas.

- Carvalho e Nakagawa (2000) sugeriram a existência de três sistemas básicos, a saber: sistema de controle de entrada de água no interior da semente; sistema de controle do desenvolvimento do eixo embrionário, caracterizando o embrião rudimentar; sistema de controle do equilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras do crescimento, composto por seis subsistemas: sensibilidade à luz, à temperatura, ao oxigênio ou ao gás carbônico (impermeabilidade a gases), à umidade (armazenamento em locais secos, lavagem prévia), ao etileno (promove ou inibe a germinação) e às substâncias receptoras de hidrogênio ou elétrons (nitratos ou nitritos). Essa proposta se assemelha à de Amen (1968), mas o terceiro sistema se baseia principalmente em mecanismos capazes de superar a dormência, diferindo dos apresentados por outros autores, que procuram caracterizar causas propriamente ditas.

Bewley e Black (1994) consideraram duas causas básicas:- dormência imposta pela cobertura, compreendendo a interferência na absorção de água, o impedimento mecânico, a interferência em trocas gasosas, a prevenção à saída de inibidores químicos presentes no embrião e a presença de substâncias inibidoras;- dormência embrionária, envolvendo o balanço entre substâncias inibidoras da germinação e o estado do sistema de membranas.

2.3 Tratamentos para Superar a Dormência

A dormência das sementes, independentemente da sua causa apresenta grau de intensidade inversamente proporcional à sua idade, isto é, é mais intensa em sementes recém colhidas. A dormência pode persistir durante períodos relativamente curtos ou se estender por vários anos, mas a tendência normal é a sua superação gradativa à medida que a semente envelhece (ROBERTS, 1999).

A semeadura da maioria das espécies cultivadas geralmente não é efetuada imediatamente ou pouco tempo após a colheita, sendo normal o armazenamento durante certo período. Nessa situação, a dormência freqüentemente não representa um problema que exija a execução de tratamento para superá-la antes da semeadura. Por outro lado, em algumas espécies de hortaliças, de frutíferas, de leguminosas e de gramíneas forrageiras, a dormência pode persistir durante período prolongado, sendo necessária a disponibilidade de tratamento eficiente, permitindo a germinação rápida e o estabelecimento de estande uniforme.

No entanto, não tem sido desenvolvido volume suficiente de métodos práticos para a superação da dormência, visando o tratamento de maiores quantidades de sementes com a utilização de procedimentos simples, seguros e de baixo custo; sendo que grande parte dos métodos disponíveis tem emprego restrito a laboratórios de análise de sementes (ROBERTS, 1999).

Uma das maiores dificuldades para a compreensão do fenômeno de dormência e ao desenvolvimento de procedimentos para superá-la se relaciona ao fato de vários tratamentos se mostrarem eficientes para superar o bloqueio causado pela ação de diferentes fatores. Vários pesquisadores tem se concentrado em um ou poucos deles e tentado formular hipóteses para caracterizar a dormência e explicar o modo de ação dos tratamentos; como resultado, emergiu a idéia de que os mecanismos que determinam a dormência estão intimamente relacionados e dificilmente são identificadas causas isoladas (ROBERTS, 1999).

O exame da literatura permite constatar respostas das sementes de várias espécies à maioria dos tratamentos disponíveis para superação da dormência. Com isso, torna-se difícil aceitar a hipótese da independência entre as causas determinantes da dormência; assim, deve haver um mecanismo bioquímico básico envolvido em diferentes manifestações da dormência, constituindo uma razão comum para que tratamentos distintos possam apresentar eficiência semelhante.

Os tratamentos para superar a dormência geralmente são baseados no desempenho das sementes em testes de germinação conduzidos em laboratório. O principal objetivo do tratamento é determinar a combinação mais adequada entre o agente e o período da ação, procurando obter a germinação da maioria das sementes da amostra (COHN, 1998). O procedimento não deve provocar prejuízo ao desempenho das sementes e desenvolvimento das plântulas.

A avaliação dos efeitos deve ser efetuada com o devido cuidado, para diferenciar com segurança as sementes dormentes (resistentes ao tratamento) das não-viáveis. Essa preocupação é pertinente nessas situações, porque uma população de sementes pode compreender desde os indivíduos profundamente dormentes até os não-viáveis, com a devida gradação entre esses extremos. Assim, um determinado tratamento, capaz de desativar determinado tipo de bloqueio e permitir a germinação de sementes dormentes, pode provocar estresse e prejudicar o desempenho de outras não-dormentes. Por exemplo, o pré-esfriamento conduzido a 5°C-10°C, durante dias, semanas ou até meses visa ativar enzimas hidrolíticas que conduzem à síntese de giberelinas e/ou a degradação de inibidores, modificando o balanço entre esses compostos (COHN, 1998).

No entanto, como as sementes de uma mesma população não exibem a mesma intensidade de dormência, os efeitos do pré-esfriamento frequentemente se comparam aos promovidos pelo teste de frio para a avaliação do vigor, ou seja, estresse nas sementes não dormentes e o incentivo de desenvolvimento de microorganismos. Desta maneira, a definição do procedimento mais adequado para diferentes espécies, cultivares e até mesmo lotes de sementes ainda constitui desafio aos pesquisadores que se dedicam a esse assunto.

A escarificação mecânica, utilizada para promover a germinação de sementes com tegumento impermeável a água, submete as sementes ao atrito com superfícies abrasivas. Não deve ser severa a ponto de provocar injúrias à semente, principalmente ao embrião, possibilidade verificada caso não sejam tomados os devidos cuidados. Os resultados podem ser negativos especialmente quando os lotes são constituídos por sementes com diferenças acentuadas de tamanho e isso se verifica porque uma determinada intensidade de abrasão pode não ser suficiente para atingir as sementes menores, mas provocar injúrias às maiores, além da exposição das sementes à invasão por microorganismos.

Na escarificação química, geralmente com ácido sulfúrico concentrado (duas partes de ácido para uma de sementes, em volume), as sementes permanecem em contato com essa solução durante 5 à 10 minutos. Em seguida, o ácido é escoado e as sementes são colocadas em recipientes com água para eliminação do excesso do produto. Efetua-se a secagem à sombra e as sementes estão prontas para a semeadura; esse tratamento se destina a pequenas quantidades de sementes, sendo conduzido em laboratório (CÍCERO, 1986).

A lavagem em água corrente é indicada para espécies que apresentam substâncias inibidoras solúveis em água, presentes na cobertura da semente, como as de beterraba. Ao mesmo tempo, um número significativo de compostos químicos, incluindo alcoóis, é capaz de atravessar a membrana plasmática e superar a dormência ou induzir a germinação. A eficiência desses compostos depende de vários fatores, resultando na alteração do pH intracelular e, conseqüentemente, no padrão de desenvolvimento de sistemas biológicos. No entanto, ainda não está claro quais são as etapas do metabolismo envolvidas e quais os seus efeitos. Esse tratamento deve ser convenientemente monitorado, porque pode promover a liberação de solutos e acarretar em perda da compartimentalização celular, graças à ação da entrada rápida de água sobre a estrutura das membranas, principalmente em sementes não-dormentes. Esse fato pode não comprometer a germinação das amostras ou lotes submetidos ao tratamento (CÍCERO, 1986).

Efeitos positivos da escarificação com ácido sulfúrico concentrado na germinação ou superação da dormência, já foram constatados em sementes das diversas espécies de gramíneas, entre as quais *Brachiaria decumbens* (ATTALA; TOSELLO, 1979).

A impermeabilidade do tegumento está associada a diversas espécies botânicas, sendo mais freqüentes nas *Fabaceae* (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Espécies que produzem sementes duras representam um sério problema para os viveiristas, pois, o tegumento impermeável restringe a entrada de água e oxigênio, oferecendo resistência física ao crescimento do embrião, o que retarda a germinação, sendo prejudicial à produção de mudas (MOUSSA et al., 1998).

A impermeabilidade do tegumento pode ser superada por meio da escarificação, termo que se refere a qualquer tratamento que resulte na ruptura ou no enfraquecimento do tegumento, permitindo a passagem de água e dando início ao processo germinativo (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Entre os métodos

utilizados com sucesso para a superação da dormência de espécies florestais destacam-se a escarificação química, mecânica e a imersão em água quente. A aplicação e a eficiência desses tratamentos dependem da intensidade da dormência, bastante variável entre espécies, procedências e anos de coleta.

Conforme citado por Popinigis (1985), os principais métodos empregados para superar a dormência de sementes de gramíneas são: "rompimento da cariopse", tratamento com nitrato de potássio (KNO_3), exposição à luz, emprego de temperaturas alternadas, aplicação de pré-esfriamento, aumento da tensão de oxigênio e tratamento com hormônios (giberelinas ou citocininas).

2.4 Superação da Dormência em Gramíneas Forrageiras

O mecanismo de dormência apresenta peculiaridades para diferentes espécies, tornando difícil qualquer generalização sobre suas causas, as quais podem ocorrer independentemente, ou combinadas, como acontece para a maioria das sementes de gramíneas forrageiras (PREVIERO; GROTH; RAZERA, 1998).

O uso do ácido sulfúrico é comum para a superação da dormência tegumentar, no entanto a sua eficiência está relacionada com o tempo de exposição ao ácido e à espécie.

Trabalhos experimentais têm sido elaborados com o intuito de promover a germinação em sementes de gramíneas forrageiras, por meio do método de escarificação química com ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Este método é usualmente empregado para sementes duras, impermeáveis à água (ISTA, 1985; BRASIL, 2009). Usberti, Gomes e Martins (1995), analisaram do período de 1991 a 1994, amostras de sementes de *B. brizantha*, *B. humidicula* e *Panicum maximum*, submetidas ao ácido sulfúrico concentrado por 5, 10 e 15 minutos e observaram que a escarificação promoveu um aumento significativo na germinação das sementes de *B. brizantha* e *Panicum maximum*, mas foi prejudicial para *B. humidicula*. Garcia e Cícero (1992) verificaram que o tratamento com ácido sulfúrico promoveu a germinação das sementes de *B. brizantha* cv. Marandu em torno de 18% e a associação com nitrato de potássio a elevou para 35%.

Métodos que visam a diminuição da dormência têm sido pesquisados, para usos laboratorial e industrial, empregando H_2SO_4 que, apesar de eficiente,

pode gerar prejuízos aos trabalhadores operacionalmente envolvidos, à qualidade das sementes e ao meio ambiente. Entretanto, Martins e Lago (1996) verificaram que essa prática reduziu a dormência, sem prejuízos à qualidade das sementes de *Brachiaria brizantha* armazenadas por 18 meses. A adequada eficiência do método, apesar de verificada em *Brachiaria brizantha* (CASTRO; CARVALHO; REIS, 1994), foi menos evidente em *B. decumbens* (ATALLA; TOSELO, 1979; GONZÁLEZ; MENDONZA; TORRES, 1994) e nula em *B. humidicola* (ATALLA; TOSELO, 1979).

Na superação da dormência em sementes de *B. decumbens* pelo método do envelhecimento acelerado, durante os períodos de exposição à temperatura de 12, 24, 36, 48 e 60 horas obteve-se porcentagens de germinação das sementes envelhecidas superiores à testemunha, demonstrando a influência positiva do envelhecimento na superação da dormência. O maior incremento de germinação foi obtido com 60 horas de exposição das sementes às condições de envelhecimento (USBERTI, 1990).

Almeida e Silva (2004), estudando o tema em *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero, concluíram que a exposição das sementes ao calor (85 °C por 10 e 15 horas), apesar de favorecer a deterioração fisiológica durante o armazenamento, equivale ao tratamento com ácido sulfúrico na superação imediata da dormência. Adicionalmente, em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, o uso do calor (70 °C por 10 e 15 horas) promoveu a redução da dormência sem gerar deterioração latente (MARTINS; SILVA, 2003).

Prejuízos fisiológicos latentes após o armazenamento, relacionados com a mortalidade das sementes escarificadas com ácido sulfúrico, foram observados por Macedo, Groth e Lago (1994), em sementes de *B. humidicola*, e por González et al. (1994), em sementes de *B. decumbens*. Dessa forma, foi possível verificar que alguns procedimentos capazes de favorecer a redução da dormência e a elevação imediata do desempenho agrônômico podem, com o passar do tempo, contribuir para a deterioração das sementes.

Pesquisas que examinam a remoção da dormência em sementes de gramíneas forrageiras têm considerado a ação de temperaturas elevadas e tratamentos químicos (EIRA, 1983; LAGO; MARTINS, 1998; MARTINS; SILVA, 2001).

Pelo que se apresenta são necessários estudos sobre métodos para tratamento de sementes de *Brachiaria humidicola* que sejam possíveis de serem

aplicados a grandes porções de sementes, em escala industrial, e que gerem menos riscos aos trabalhadores e ao ambiente que o tratamento convencional com ácido sulfúrico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de análise de sementes da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, localizada na cidade de Presidente Prudente-SP.

O estudo foi desenvolvido a partir de seis lotes de sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schw. cv. Tully, sendo três lotes com maior vitalidade e recém colhidas (2010/2011), e três lotes com menor vitalidade e de safra anterior (2009/2010), doadas por três empresas de sementes forrageiras da região. Avaliações preliminares, conduzidas pelo teste de tetrazólio e fornecidas pelas empresas indicaram resultados de 71, 69 e 60% para os lotes L1, L3 e L5 e 47, 30 e 31% para os lotes L2, L4 e L6, respectivamente.

As sementes foram limpas através de sopradores e peneiras eliminando as impurezas, sementes de plantas daninhas e sementes chochas, restando somente as sementes fisicamente puras (BRASIL, 2009). As sementes foram armazenadas em ambiente de laboratório, aproximadamente 25°C, durante a fase de aplicação e avaliação dos tratamentos.

O experimento constou de utilização de ventilação com ar seco e aquecido, utilizando a estufa com circulação de ar, com temperaturas de 45, 55, 65 e 75°C por 24 e 48 horas de contato das sementes com o ar. Após os tratamentos as sementes foram avaliadas por análises fisiológicas. Além dessas, uma porção de sementes foi mantida sem tratamento e outra foi tratada pelo método convencional descrito nas Regras para Análise de Sementes (RAS), com imersão em ácido sulfúrico concentrado 98% por 10 minutos (BRASIL, 2009) seguidos de neutralização em água corrente por igual período, sendo ambos considerados controle para comparação com os tratamentos térmicos.

Todos os tratamentos foram analisados pelo teste de germinação que foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento, em caixas de plástico transparente (11 x 11 x 3,5 cm) com duas folhas de papel mata-borrão (tipo germibox) umedecida com água, na proporção de duas vezes a massa do substrato seco e colocadas em germinador (BRASIL, 2009). Utilizou-se temperatura alternada 15-35°C, com fotoperíodo de 8 horas, coincidindo com a temperatura mais alta.

As leituras foram realizadas aos 7, 14 e 21 dias, considerando-se a obtenção de plântulas normais e anormais como descrito em Brasil (2009). Obteve-se a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação. As sementes dormentes e mortas foram avaliadas e caracterizadas pelo teste de tetrazólio nas sementes remanescentes não germinadas, após os 21 dias da realização do experimento (BRASIL, 2009), calculando-se a porcentagem de sementes remanescentes dormentes que foram consideradas aquelas com as partes vitais do embrião coloridas pelo teste de tetrazólio.

O teste de tetratozólíio foi conduzido com as sementes remanescentes não germinadas aos 21 dias de condução do teste de germinação, em duas repetições por tratamento. As sementes foram cortadas longitudinalmente com auxílio de pinça e bisturi, sendo utilizada apenas uma metade da semente para coloração. A metade foi colocada em placas de petri com papel filtro umedecidos com solução de 0,1% de cloreto 2-3-5 trifenil tetrazólio e mantidas no escuro, no interior de um equipamento para banho-maria, por 5 horas, a 40°C. As sementes foram avaliadas considerando-se a localização e a intensidade da coloração de suas partes, permitindo identificar as sementes com as partes vitais do embrião coloridas, que foram consideradas vivas (BRASIL, 2009). Essas foram denominadas sementes remanescentes dormentes.

O índice de velocidade de germinação - IVG foi calculado utilizando-se a fórmula $IVG = G1 / N1 + G2 / N2 + G3 / N3$; onde, G1, G2 e G3, são os números de plântulas computadas na primeira, na segunda e na última contagem; e N1, N2 e, N3, são os números de dias após a sementeira, na primeira, segunda e na última contagem de 21 dias (NAKAGAWA, 1999).

A massa seca de plântula foi obtida em cada avaliação do teste de germinação e em cada repetição pela secagem em estufa a 65°C por 48 horas, das plantas normais retiradas do substrato com tamanho acima de um cm e destacadas das partes remanescentes do cariopse.

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Na primeira análise consideraram-se apenas os tratamentos térmicos arranjos em esquema fatorial (4x2), sendo quatro temperaturas e dois períodos de exposição ao calor para a análise de variância (teste F) e aplicação de regressão polinomial para cada lote. Na segunda análise, consideraram-se todas as combinações dos tratamentos térmicos (8 tratamentos) e

os dois tratamentos controle (testemunha e sementes tratadas com ácido sulfúrico) para a análise de variância (teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey (5% de significância).

A avaliação de sementes remanescentes dormentes foi realizada por estatística descritiva com cálculo da média e desvio padrão.

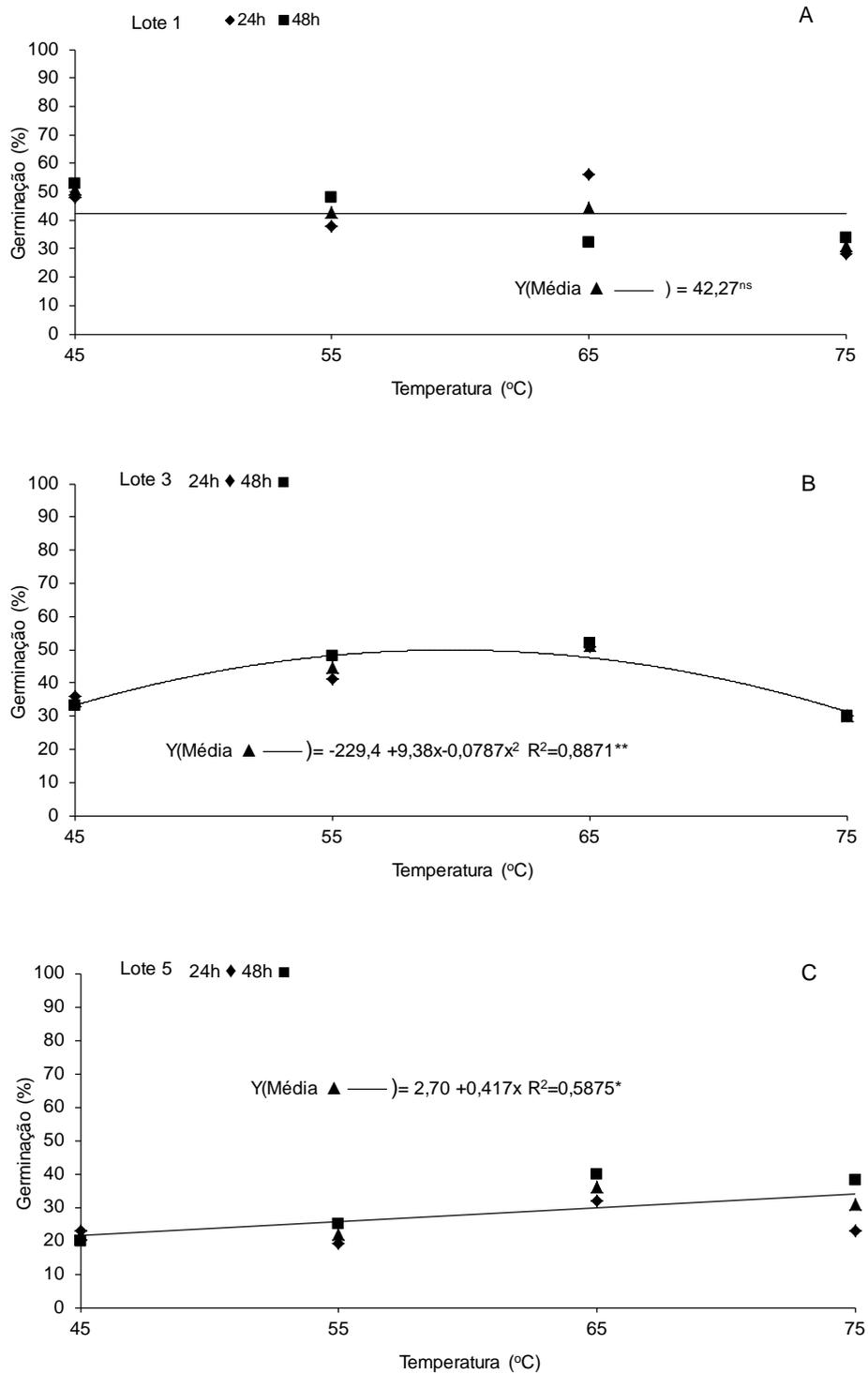
Os dados percentuais de germinação foram transformados em arco seno $(x/100)^{1/2}$, pois originalmente não seguiram distribuição normal. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade total de sementes vivas em um lote é fundamental para sua caracterização e discussão dos demais resultados obtidos em função da aplicação dos tratamentos. De acordo com a instrução normativa N° 30, de 21 de maio de 2008, que estabelece padrões para produção e comercialização de sementes de espécie gramíneas (poaceae/gramíneas) e forrageiras determina os critérios para a espécie *Brachiaria humidicola*, onde consta que a germinação mínima é de 40% (BRASIL, 2008).

Na análise da germinação, considerando apenas os tratamentos térmicos (Figuras 3 e 4) foi possível notar que a germinação do lote 1 não foi responsiva ao aumento da temperatura do ar para os dois períodos avaliados. No lote 3 ocorreu um ajuste quadrático significativo com ponto de máxima aos 59,6°C. No lote 5, também não ocorreu influência períodos de 24 e 48h, porém o ajuste foi linear crescente indicando acréscimo na germinação com o emprego de tratamentos com temperaturas maiores (Figura 3).

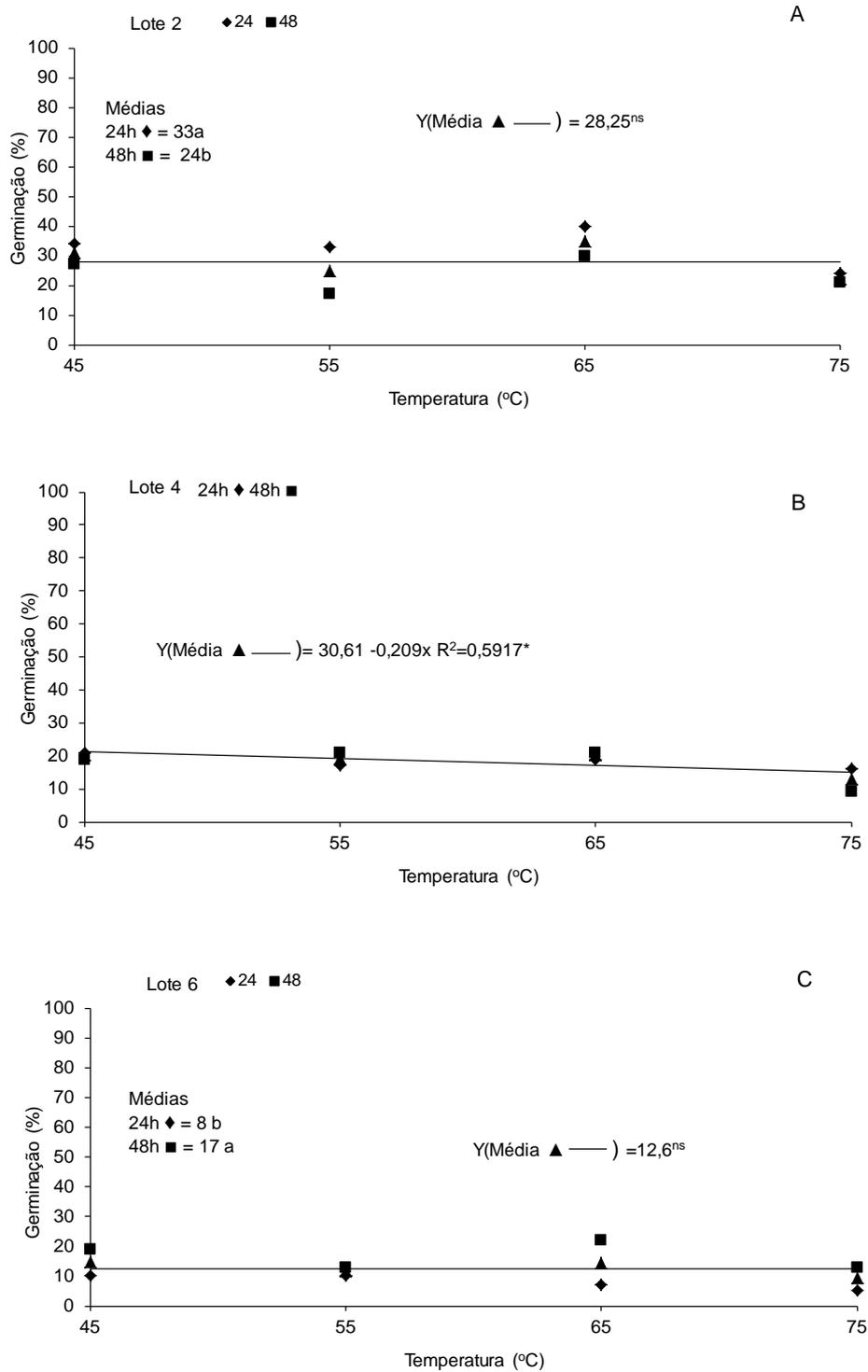
Figura 3 - Germinação (G) de sementes de três lotes (L1, L3 e L5) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.



No lote 2, não houve resposta em função das temperaturas mas o período de 24h foi superior ao de 48h. No lote 4, não ocorreu diferenças entre os períodos de 24 e 48h, mas o uso de temperaturas crescentes reduziram a germinação como expresso pelo ajuste linear decrescente. No lote 6, o período de 48h foi superior ao de 24h, enquanto o aumento da temperatura de tratamento não foi significativo (Figura 4).

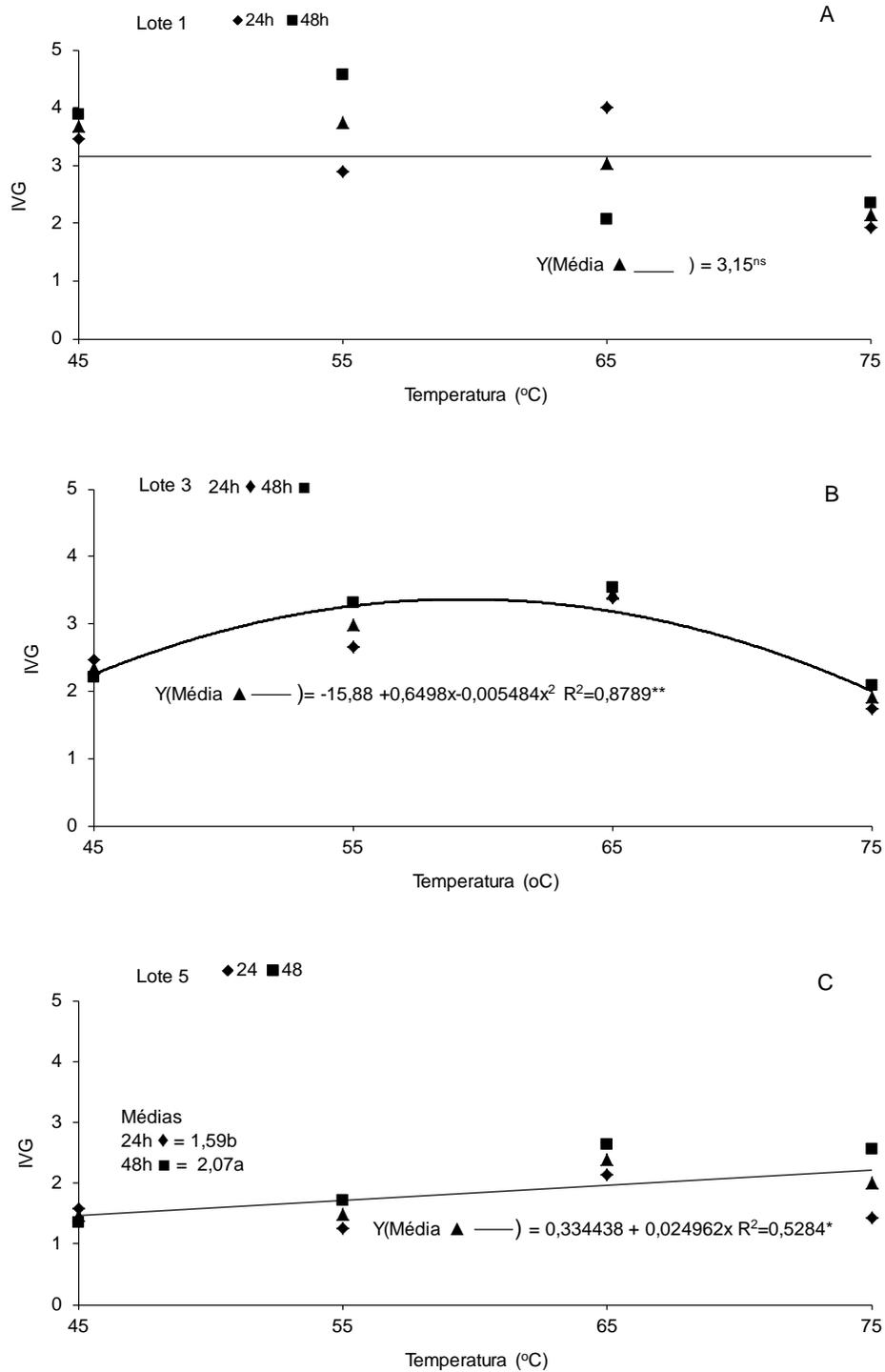
Como os lotes apresentavam menor vitalidade, a resposta de germinação sempre foi inferior ao necessário para comercialização de sementes (BRASIL, 2008).

Figura 4 - Germinação (G) de sementes de três lotes (L2, L4 e L6) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.



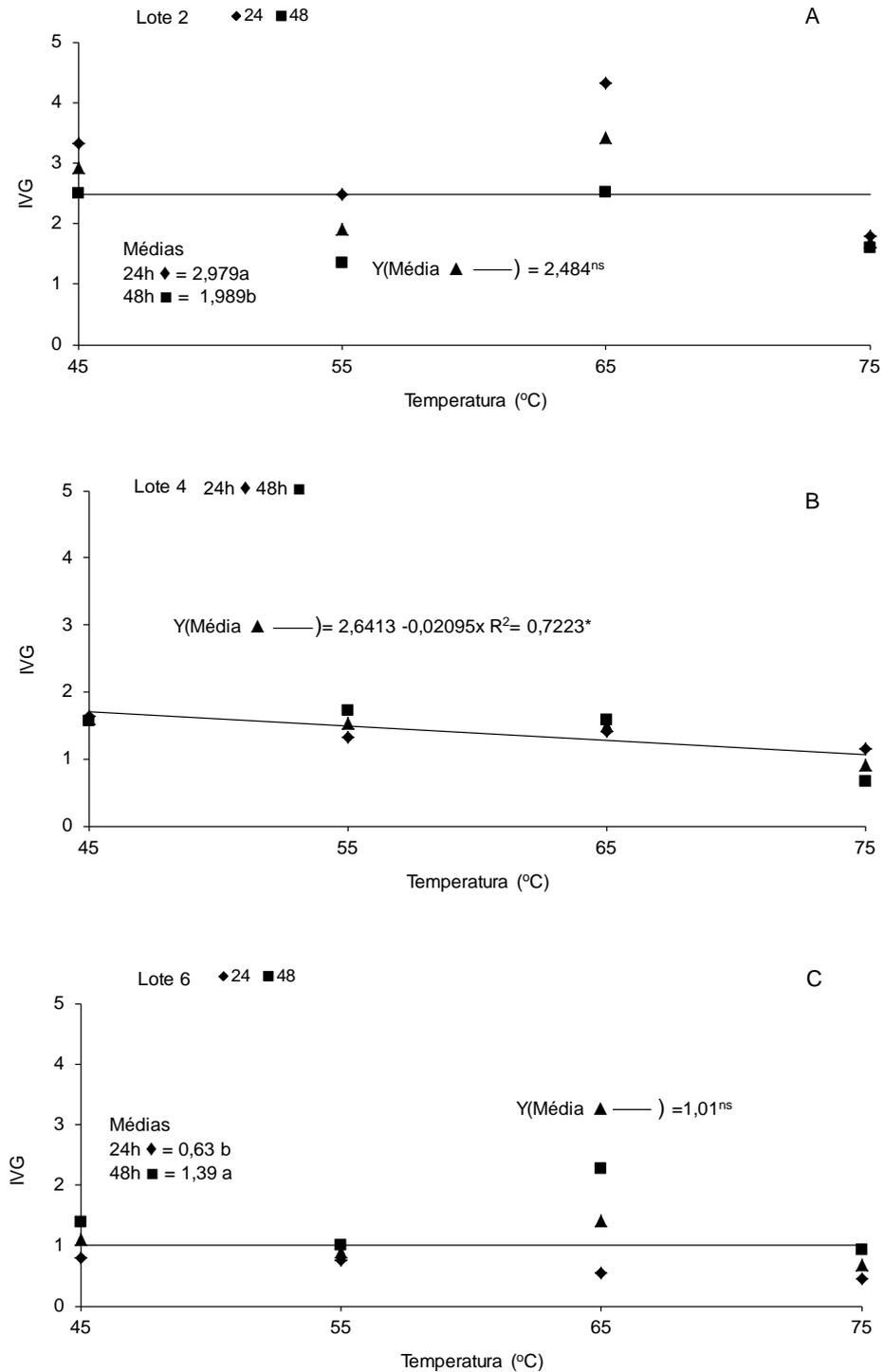
Quanto aos tratamentos térmicos, o índice de velocidade de germinação do lote 1 não foi responsivo aos períodos e temperaturas empregadas. No lote 3, os períodos de 24 e 48h não diferiram, porém ocorreu um ajuste quadrático significativo com ponto de máximo aos 59,3°C. No lote 5, o ajuste foi linear crescente indicando acréscimo na velocidade de germinação com o emprego de tratamentos com temperaturas maiores; o período de 24h apresentou média inferior ao de 48h (Figura 3).

Figura 5 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de três lotes (L1, L3 e L5) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.



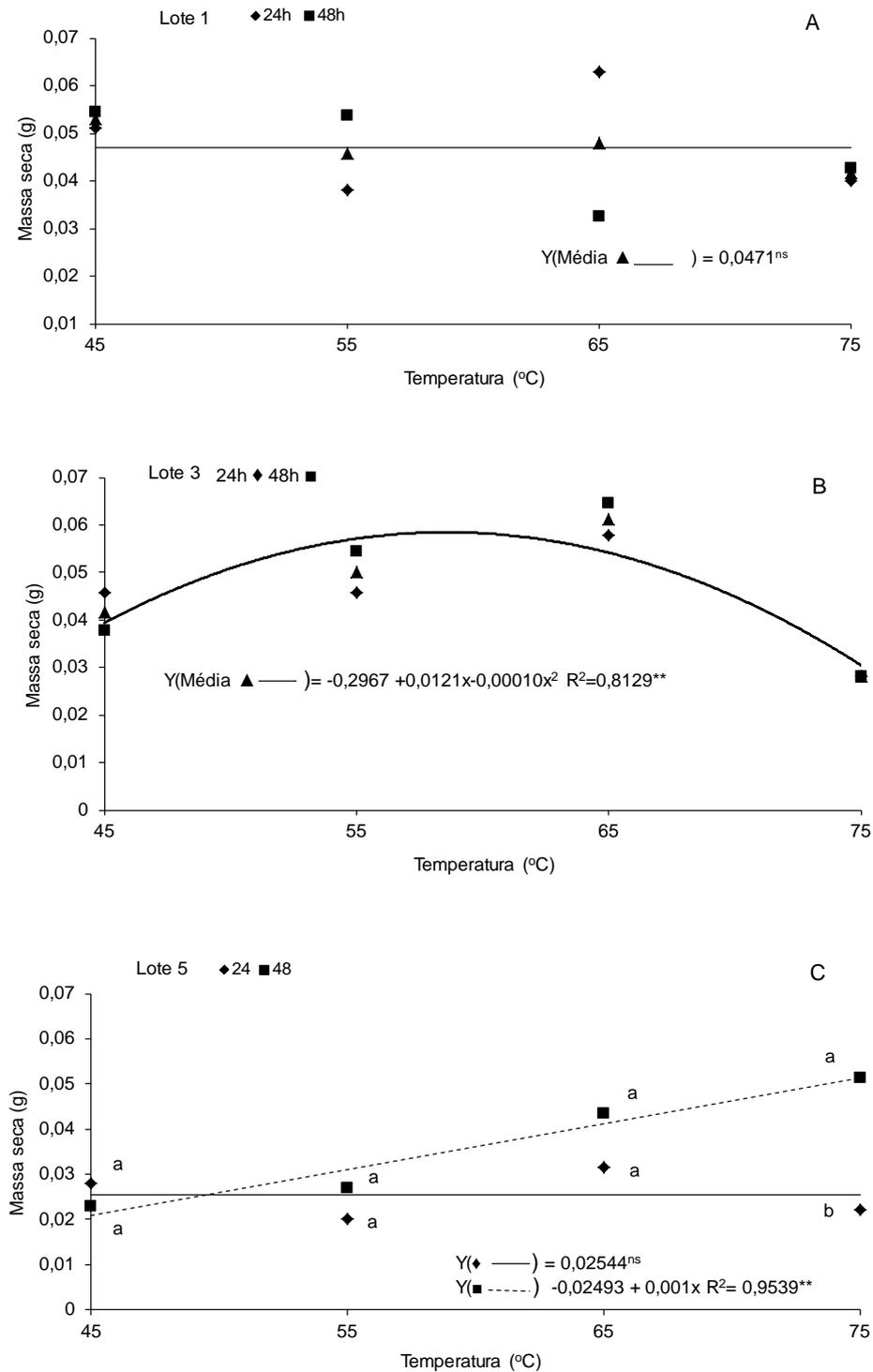
No lote 2, não houve resposta em função das temperaturas mas o período de 24h foi superior ao de 48h. No lote 4, não ocorreu diferenças entre os períodos, porém o uso de temperaturas crescentes reduziram a germinação como expresso pelo ajuste linear decrescente. No lote 6, o período de 48h foi superior ao de 24h, enquanto o efeito da temperatura de tratamento não foi significativo (Figura 4).

Figura 6 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de três lotes (L2, L4 e L6) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.



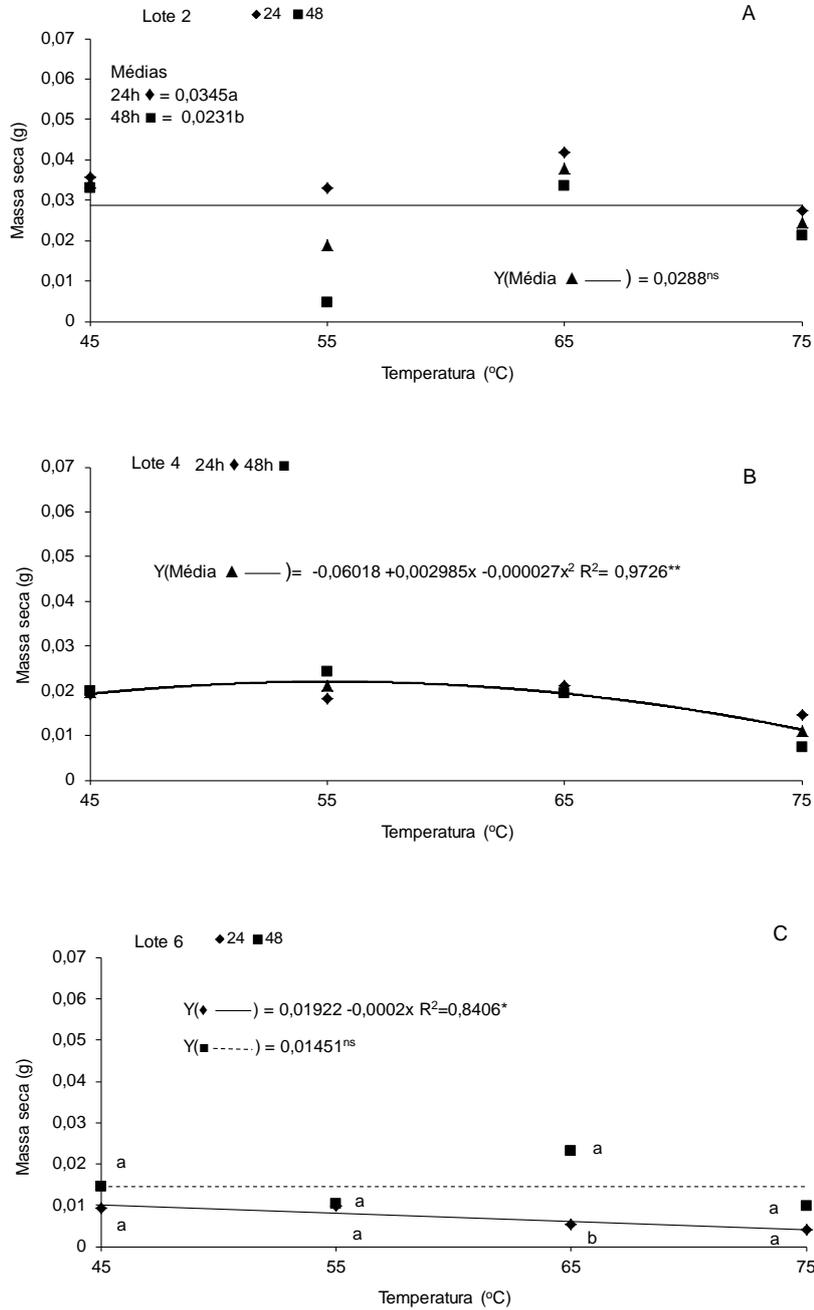
A massa seca de plântulas, em função dos tratamentos térmicos, do lote 1, não foi responsiva aos períodos e temperaturas empregadas. No lote 3, os períodos não diferiram, porém ocorreu um ajuste quadrático significativo com ponto de máxima aos 60,5°C. No lote 5, os períodos de 24 e 48h não diferiram nas temperaturas de 45, 55 e 65°C, no entanto com uso de 75°C, o período de 48h foi superior e para este período ocorreu ajuste linear crescente indicando que a massa seca aumentou com emprego de temperaturas maiores (Figura 5).

Figura 7 - Massa seca de plântula (MS) provenientes de sementes de três lotes (L1, L3 e L5) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.



No lote 2, não houve resposta em função das temperaturas mas o período de 24h foi superior ao de 48h. No lote 4, os períodos não diferiram, porém ocorreu um ajuste quadrático significativo com ponto de máximo aos 55,27°C. No lote 6, o período de 24h produziu decréscimo na massa seca de plântula com o aumento na temperatura enquanto o período de 48h não foi significativo. Apenas na temperatura de 65°C o período de 48h foi superior ao de 24h, em relação a massa seca de plântula (Figura 6).

Figura 8 - Massa seca de plântula (MS) provenientes de sementes de três lotes (L2, L4 e L6) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully em função de períodos de permanência sob ventilação com ar seco e aquecido.



O calor aplicado às sementes induz primeiramente a dessecação, ou seja, perda de água pelos tecidos da semente como aconteceu em experimentos anteriores que também empregaram calor seco em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (MARTINS; SILVA, 2003). Concomitantemente a perda de água, outras alterações podem ocorrer nas sementes durante a dessecação, tais como, acúmulo de carboidratos solúveis (WOLKERS et al., 1998; ROSA et al., 2005), mudanças na composição relativa de fosfolipídios de membranas (WOLKERS et al., 1998), síntese de proteínas *lea* (*late embryogeneses accumulated*) (BLACKMAN; OBENDORF; LEOPOLD, 1995) e a habilidade para prevenir, tolerar ou reparar ataque de radicais livres (GREGGAINS et al., 2001).

Por outro lado, pesquisas têm revelado um papel regulatório dos radicais livres na germinação, bloqueando-a ou promovendo a superação da dormência (ORACZ et al., 2007) ou regulando a habilidade de germinar durante a maturação (ISHIBASHI et al., 2008). Resultados obtidos com girassol permitiram a proposição de um mecanismo de superação de dormência o qual envolve mudança na oxidação de proteínas, em consequência da acumulação de radicais livres. Assim, o acúmulo de radicais livres parece ser o sinal chave governando a atividade celular e pode ser um modelo geral, em vista de resultados similares obtidos durante a superação de dormência em sementes, no estado seco e embebidas (ORACZ et al., 2007).

Radicais livres ou ROS (espécies reativas de oxigênio) são continuamente produzidas durante a formação da semente, da embriogênese a germinação, e também durante o armazenamento. ROS desempenha um duplo papel em fisiologia de sementes, por um lado, como ator em rotas de sinalização e, por outro, como produto tóxico que é acumulado sob condição de estresse (ex. temperatura elevada). A quantidade de ROS é estreitamente regulada pelo balanço entre produção e remoção e parece agir como um sinal positivo para superação da dormência de sementes. Assim é apresentado o conceito de “janela oxidativa para germinação” o que restringe a ocorrência de eventos celulares associados à germinação a uma faixa crítica de nível de ROS. Acima ou abaixo da “janela oxidativa para germinação”, baixos ou altos conteúdos de ROS, respectivamente, não permitiriam progresso em direção à germinação. Em situações de incontrole acúmulo de ROS ocorrerá dano oxidativo afetando muitas macromoléculas e

culminando com morte celular (BAILLY; EL-MAAROUF-BOUTEAU; CORBINEAU, 2008).

Em face aos resultados obtidos com tratamentos térmicos, pode-se refletir que os lotes com menor quantidade de sementes vivas (L2, L4 e L6) pouco responderam, pois estavam em grau elevado de deterioração e o calor seco contribuiu para o acúmulo de danos. No entanto, lotes com maior quantidade de sementes viáveis (L1, L3 e L5) apresentaram alguns resultados promissores como os pontos de máximo obtidos para o lote 3 e as respostas lineares crescentes obtidas para o lote 5. Estes resultados seriam explicados por meio da “janela oxidativa para a germinação” (BAILLY; EL-MAAROUF-BOUTEAU; CORBINEAU, 2008).

Na análise considerando todos os tratamentos térmicos e os dois tratamentos controle, pode-se observar que, na germinação do lote 1, os tratamentos com período de 24h e temperaturas de 45°C e 65°C e período de 48h com temperatura de 45°C e 55°C não diferiram estatisticamente do tratamento com H₂SO₄ e da testemunha. Sendo que o tratamento de período de 24h com temperaturas de 55°C e 75°C e o tratamento de 48h com temperatura de 65°C e 75°C, foram inferiores em relação à testemunha e o tratamento convencional.

Para o lote 3, no período de 24h apenas o tratamento com temperatura de 65°C e no período de 48h com temperatura de 55°C e 65°C não diferiram estatisticamente do tratamento com H₂SO₄ e da testemunha, os demais tratamentos tiveram dados inferiores à testemunha e o H₂SO₄.

Para o lote 5, nenhum tratamento realizado foi melhor que a testemunha, e em comparação com o H₂SO₄, apenas o tratamento de período de 48h com as temperaturas de 65 e 75°C não diferiram do tratamento convencional.

Para o lote 2, o tratamento com período de 24h, apenas a temperatura de 75°C foi inferior a testemunha, porém não diferiu-se estatisticamente do tratamento com H₂SO₄. No período de 48h com temperaturas de 45°C e 65°C não se diferiram estatisticamente da testemunha, porém tiveram resultados superiores ao tratamento convencional.

Para o lote 4, o tratamento com período de 24h todas as temperaturas foram superiores ao tratamento com H₂SO₄ e a testemunha. No período de 48h com temperaturas de 45°C, 55°C e 65°C foram superiores ao tratamento com H₂SO₄ e a

testemunha. Os tratamentos com temperatura de 75°C por 48h, a testemunha e o tratamento convencional, foram inferiores aos demais tratamentos térmicos.

Para o lote 6, não houve significância estatística dos tratamentos utilizados em relação a testemunha e o tratamento convencional.

Tabela 2 - Germinação (%) de sementes de seis lotes de *Brachiaria humidicola* cv. Tully

Tratamentos	L1	L3	L5	L2	L4	L6	Médias	
P	T							
24	45	48 a ¹	36 b	23 c	34 a	21 a	10 a	29
	55	38 b	41 b	19 c	33 a	17 a	10 a	26
	65	56 a	51 a	32 c	40 a	19 a	7 a	34
	75	28 b	30 b	23 c	24 b	16 a	5 a	21
48	45	53 a	33 b	20 c	27 a	19 a	19 a	29
	55	48 a	48 a	25 c	17 b	21 a	13 a	29
	65	32 b	52 a	40 b	30 a	21 a	22 a	33
	75	34 b	30 b	38 b	21 b	9 b	13 a	24
Testemunha	51 a	52 a	55 a	31 a	11 b	13 a	36	
H ₂ SO ₄	51 a	54 a	45 b	17 b	0 b	5 a	29	
Médias	44	43	32	27	15	12		

P período (h); T temperatura (°C); L lotes

¹ Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste Scott-Knott, com 5% de significância.

Embora as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) recomendem a utilização de escarificação com ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos nas sementes de *B. humidicola*, Macedo, Groth e Lago (1994) concluíram que o efeito do tratamento, nessa espécie, é prejudicial à germinação. Por outro lado, Garcia e Cícero (1992) e Martins e Lago (1996) constataram que a aplicação do método foi efetiva para superar a dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Contudo, na imersão das sementes em ácido sulfúrico, devem ser consideradas as inconveniências relacionadas à segurança do trabalhador, e ainda, à preservação do ambiente com o descarte dos resíduos ou mesmos os gastos com a correta disposição.

Almeida e Silva (2004), estudando os efeitos da exposição de sementes de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero a 85°C por 10 e 15 horas, concluíram que o uso do calor constitui-se em alternativa para a redução da dormência. Da mesma forma, aplicações de 80°C por 10 horas (MARTINS et al.,

1997) e de 70 e 85°C por 5, 10 e 15 horas em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (MARTINS; SILVA, 2001), conduziram à diminuição da taxa de dormência.

Por outro lado, estudando diferentes métodos para superação da dormência no cultivar Marandu, Montório et al. (1997) afirmaram que a escarificação com ácido sulfúrico concentrado foi a que promoveu os melhores resultados quanto ao vigor das sementes no entanto, a imersão em água destilada à temperatura ambiente e retirada das glumas podem substituir a escarificação ácida das sementes dessa espécie. A remoção das glumas das sementes quer seja química, via escarificação ácida, ou mecanicamente, é tratamento eficiente na superação de dormência das sementes de capim-braquiária 'Marandu' (MESCHÉDE et al., 2004).

A explicação para o sucesso da escarificação, tanto ácida quanto mecânica, está relacionada à dormência que, no caso do gênero *Brachiaria*, ocorre geralmente sob duas formas: de caráter fisiológico-bioquímico, de curta duração, observada quase sempre em sementes recém-colhidas; e a chamada dormência relacionada à presença de envoltórios que dificultam a difusão de oxigênio no processo de germinação, geralmente de longa duração (LIMA; CARDOSO, 1996). Estudando embebição em *B. plantaginea*, Voll et al. (1997) demonstraram que o estado de dormência de capim-marmelada não é causado por impermeabilidade do tegumento à água, uma vez que as sementes dormentes apresentam absorção de água ligeiramente superior às sementes não dormentes.

Embora tenham sido aplicados tratamentos para superação da dormência, os resultados de sementes remanescentes dormentes permitiram indicar que restaram sementes dormentes em todos os tratamentos e, em alguns casos, ocorreu aumento de sementes dormentes em comparação à testemunha. Os maiores valores foram observados no tratamento por 24h na temperatura de 75°C para os lotes 1, 3 e 5. Em geral os tratamentos térmicos apresentaram maior dormência que o tratamento testemunha, enquanto os menores valores de sementes remanescentes dormentes foram observados no tratamento com H₂SO₄ (Tabela 2).

Tabela 3 - Sementes remanescentes dormentes¹ (%) de três lotes (L1, L3 e L5) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully

Tratamentos		L1	L3	L5
P	T			
24	45	8 ± 4,24 ²	18 ± 7,07	5 ± 0,71
	55	20 ± 17,68	14 ± 3,53	14 ± 4,95
	65	9 ± 12,73	6 ± 2,83	10 ± 0,01
	75	44 ± 4,95	32 ± 14,85	19 ± 0,71
48	45	13 ± 7,78	16 ± 10,60	10 ± 6,37
	55	9 ± 4,95	18 ± 4,24	9 ± 7,78
	65	9 ± 12,73	8 ± 5,66	13 ± 7,07
	75	16 ± 4,24	8 ± 2,12	7 ± 1,41
Testemunha		5 ± 2,83	15 ± 12,73	9 ± 2,12
H ₂ SO ₄		5 ± 3,53	1 ± 1,41	2 ± 2,83

P período (h); T temperatura (°C); L lotes

¹ Sementes remanescentes, com as partes vitais do embrião coloridas pelo teste de tetrazólio, no teste de germinação (%)

² Médias seguidas por desvio padrão (2 repetições)

Altas temperaturas podem estar associadas com a indução de dormência secundária, já relatadas em estudos antigos, como no trabalho de Nutile e Woodstoek (1967) onde a secagem à temperatura de 46 a 48°C pode induzir dormência secundária, devido a alterações físicas ocorridas na cobertura da semente, provocadas pela secagem excessiva, de tal modo a restringir as trocas gasosas durante a embebição. A indução de dormência secundária em sorgo devido a secagem a 45°C e posterior armazenamento em condições convencionais foi confirmada por Silva et al. (2011). A terminibição de sementes embebidas que são expostas a temperaturas supra-ótimas é fenômeno observado em um grande número de táxons (WATT; BLOOMBERG, 2012) e é atribuída a restrição física (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006) ou a maior exigência de potencial hídrico para a germinação (ALVARADO; BRADFORD, 2002) que impedem o crescimento do embrião dentro da semente, e não a explicação mais comum que é a desnaturação de enzimas devido à temperatura excessiva (WATT; BLOOMBERG, 2012).

Nos lotes com menor vitalidade também restaram sementes dormentes após o término do teste de germinação. As sementes sem tratamento (testemunha) apresentaram 11, 10 e 9% de sementes dormentes nos lotes 2, 4 e 6,

respectivamente. Os tratamentos térmicos, em geral, apresentaram valores próximos ao da testemunha enquanto o tratamento com ácido sulfúrico foi o que deixou menos sementes dormentes para os lotes 2, 4 e 6 (Tabela 4).

Em sementes ortodoxas, como é o caso das aqui estudadas, a aplicação de temperaturas acima de 42°C é rotineiramente associada com deterioração, no entanto os resultados obtidos por Silva (1998) indicaram a possibilidade da secagem estacionária de *B. brizantha* a 85°C e de soja a 50°C com o propósito de favorecer a germinação. Martins et al. (1997), Silva (1998), Martins e Silva (2001) e Almeida e Silva (2004) aplicaram o calor seco para redução da dormência em forrageiras tropicais com sucesso. Estas respostas aparentemente discrepantes observadas na literatura e também obtidas nesse trabalho, considerando as respostas de lotes com maior e menor vitalidade, podem ser explicadas por meio da “janela oxidativa para germinação”, onde baixos ou altos conteúdos de ROS, respectivamente, não permitiriam progresso em direção à germinação. Em situações de incontrolado acúmulo de ROS ocorrerá dano oxidativo afetando muitas macromoléculas e culminando com morte celular (BAILLY; EL-MAAROUF-BOUTEAU; CORBINEAU, 2008).

Tabela 4 - Sementes remanescentes dormentes¹ (%) de três lotes (L2, L4 e L6) de *Brachiaria humidicola* cv. Tully

Tratamentos		L2	L4	L6
P	T			
24	45	8 ± 2,65 ²	9 ± 1,29	9 ± 1,26
	55	6 ± 1,50	6 ± 3,11	7 ± 0,96
	65	6 ± 2,38	6 ± 2,38	4 ± 1,15
	75	8 ± 2,45	6 ± 2,06	6 ± 2,89
48	45	10 ± 2,16	8 ± 0,96	9 ± 1,29
	55	10 ± 4,83	8 ± 2,64	7 ± 2,16
	65	8 ± 3,32	6 ± 1,41	9 ± 3,11
	75	5 ± 1,41	4 ± 1,63	3 ± 1,00
Testemunha		11 ± 2,36	10 ± 2,22	9 ± 1,50
H ₂ SO ₄		4 ± 0,96	4 ± 1,26	4 ± 1,26

P período (h); T temperatura (°C); L lotes

¹ Sementes remanescentes, com as partes vitais do embrião coloridas pelo teste de tetrazólio, no teste de germinação (%)

² Médias seguidas por desvio padrão (2 repetições)

De acordo com Oliveira e Mastrocola (1983), o ácido sulfúrico interfere negativamente na germinação das sementes de *B. humidicola* colhidas há mais de 10 meses. O que de fato aconteceu com os lotes com menor vitalidade analisadas neste estudo, levando a crer que o uso de ácido sulfúrico causou a danificação das membranas celulares ou incontrolado acúmulo de ROS.

O índice de velocidade de germinação (Tabela 5), indicou no lote 1, que o período de 24 horas com temperaturas de 45°C, 65°C e período de 48 horas com temperaturas de 45°C, 55°C, foram iguais ao tratamento com H₂SO₄ e a testemunha. Os demais tratamentos foram inferiores à testemunha.

Para o lote 2, apenas o período de 24 horas com temperatura de 65°C mostrou-se superior aos demais tratamentos, inclusive ao tratamento convencional e a testemunha.

No lote 3, o período de 24 horas com temperatura de 65°C e o período de 48 horas com temperaturas de 55°C, 65°C não diferiram em comparação ao tratamento convencional e à testemunha. Os outros tratamentos foram inferiores ao convencional e a testemunha.

No lote 5, o tratamento de 48 horas com temperatura de 65°C e 75°C, foram iguais ao tratamento convencional e a testemunha, sendo que os outros tratamento foram inferiores.

Para os lotes 4 e 6 os tratamentos não diferiram entre si e dos tratamentos convencional e testemunha.

Tabela 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de seis lotes de *Brachiaria humidicola* cv. Tully

Tratamentos		L1	L3	L5	L2	L4	L6	Médias
P	T							
24	45	3,46 a	2,47 b	1,57 b	3,33 b	1,63 a	0,80 a	2,21
	55	2,89 b	2,67 b	1,25 b	2,49 b	1,32 a	0,75 a	1,90
	65	4,01 a	3,38 a	2,12 b	4,31 a	1,40 a	0,53 a	2,63
	75	1,92 b	1,74 b	1,43 b	1,79 c	1,15 a	0,45 a	1,41
48	45	3,88 a	2,21 b	1,36 b	2,50 b	1,56 a	1,39 a	2,15
	55	4,58 a	3,31 a	1,71 b	1,34 c	1,74 a	1,01 a	2,28
	65	2,07 b	3,54 a	2,64 a	2,52 b	1,59 a	2,26 a	2,44
	75	2,36 b	2,08 b	2,56 a	1,59 c	0,67 a	0,92 a	1,70
Testemunha		3,34 a	3,52 a	3,68 a	2,84 b	1,05 a	1,15 a	2,60
H ₂ SO ₄		3,54 a	3,81 a	3,17 a	1,33 c	0,00 a	0,34 a	2,03
Médias		3,21	2,87	2,15	2,40	1,21	0,96	

P período (h); T temperatura (°C); L lotes

¹ Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste Scott-Knott, com 5% de significância.

Analisando os dados de massa seca de plântulas (g), (Tabela 6) observa-se que, no lote 1, o período de 24 horas com temperaturas de 45°C e 65°C e o período de 48 horas com temperaturas de 45°C e 55°C, foram superiores estatisticamente aos demais.

Para o lote 2, o período de 24 horas com temperatura de 45°C, 55°C, 65°C e 75°C e o período de 48 horas com temperatura de 45°C, 65°C e 75°C não diferiram da testemunha, sendo superiores ao tratamento convencional. O tratamento de 48 horas com temperatura de 55°C não deferiu em relação ao tratamento convencional.

No lote 3, o período de 24 horas com temperatura de 65°C, o período de 48 horas com temperaturas de 55°C e 65°C não diferiram em relação ao tratamento convencional e à testemunha, porém foram melhores aos demais tratamentos.

No lote 5, a testemunha foi melhor estatisticamente do que todos tratamentos aplicados, levando a crer que o lote 5 não suportou o tratamento com temperatura e ácido sulfúrico corroborando com a observação de Macedo, Groth e Lago (1994), em sementes de *Brachiaria humidicola*, e por Gonzáles; Mendoza e Torres (1994), em sementes de *Brachiaria decumbens*.

Para os lotes 4 e 6 não foram encontradas diferenças entre os tratamentos.

Tabela 6 - Massa seca de plântulas (g) provenientes de sementes de seis lotes de *Brachiaria humidicola* cv. Tully

Tratamentos		L1	L3	L5	L2	L4	L6	Médias
P	T							
24	45	0,051 a	0,046 b	0,028 c	0,035 a	0,019 a	0,009 a	0,031
	55	0,038 b	0,046 b	0,020 c	0,033 a	0,018 a	0,010 a	0,028
	65	0,063 a	0,058 a	0,031 c	0,042 a	0,021 a	0,005 a	0,037
	75	0,041 b	0,028 c	0,022 c	0,027 a	0,015 a	0,004 a	0,023
48	45	0,054 a	0,038 b	0,023 c	0,033 a	0,020 a	0,015 a	0,031
	55	0,054 a	0,054 a	0,027 c	0,005 b	0,024 a	0,010 a	0,029
	65	0,032 b	0,065 a	0,043 b	0,034 a	0,019 a	0,023 a	0,036
	75	0,043 b	0,028 c	0,051 b	0,021 a	0,007 a	0,010 a	0,027
Testemunha		0,025 b	0,063 a	0,069 a	0,032 a	0,012 a	0,012 a	0,036
H ₂ SO ₄		0,036 b	0,063 a	0,054 b	0,008 b	0,000 a	0,004 a	0,028
Médias		0,0437	0,0489	0,0368	0,027	0,0155	0,0102	

P período (h); T temperatura (°C); L lotes

¹ Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste Scott-Knott, com 5% de significância.

A resposta, dos lotes aos tratamentos, avaliados pelos testes de vigor, índice de velocidade de germinação e massa seca de plântulas, seguiu a tendência discutida para as variáveis germinação e sementes remanescentes dormentes.

Embora, de maneira geral, não tenham sido obtidos resultados expressivos para o uso do calor seco, as respostas obtidas para os lotes 3, com indicação de pontos de máximo próximos aos 60 °C e ajustes lineares crescentes para o lote 5 corroboram com resultados obtidos por outros estudos (SILVA, 1998; MARTINS et al., 1997; ALMEIDA; SILVA, 2004, MARTINS; SILVA, 2001).

5 CONCLUSÃO

1. A análise de regressão, de maneira geral, não indicou o melhor período para emprego da ventilação (24 ou 48h) com ar seco, enquanto a temperatura de 60°C, para lotes de maior vitalidade, pode ser recomendada.

2. Os tratamentos realizados com uso de ventilação com ar seco e aquecido para superação de dormência, não foram superiores a testemunha, no entanto, em lotes com maior vitalidade ocorreram resultados iguais ao tratamento convencional com ácido sulfúrico podendo ser considerado uma alternativa a este por ser menos danoso tanto aos trabalhadores quanto para o ambiente.

3. O uso de H_2SO_4 nos lotes com maior vitalidade não mostrou significância estatística em relação à testemunha, porém para os lotes com menor vitalidade ocorreu deterioração fisiológica da semente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.R.; SILVA, W.R. Comportamento da dormência em sementes de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero submetidas às ações do calor e do ácido sulfúrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.1, p.44-49, 2004.
- ALVARADO, V.; BRADFORD, K.J. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.1061–1069, 2002.
- AMEN, R.D. A model of seed dormancy. **The Botanical Review**, v. 34, n.1, p.1-31, 1968.
- ATALLA, A. M. P.; TOSELLO, J. Observações sobre dormência de sementes em duas espécies de *Brachiaria*: *B. decumbens* e *B. humidicola* em condições de laboratório. **Científica**, v.7, n.3, p.353-355, 1979.
- BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.806-814, 2008.
- BENECH-ARNOLD, R.L. Predicting pre-sprouting risk in barley. **International Society of Seed Technologists Reports**, v.3, n.4, p.6-9, 2003.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BLACKMAN, S.A.; OBENDORF, R.L.; LEOPOLD, A.C. Desiccation tolerance in developing soybean seeds: the role of stress proteins. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.93, n.4, p.630-638, 1995.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 30, de 21 de maio de 2008. Normas e padrões para produção e comercialização de sementes de espécies forrageiras de clima tropical. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de mai. 2008. Disponível em: <<http://www.indea.mt.gov.br/arquivo/Aa953b706c8e7418b71a4c77525bc3776INF30-2008.pdf>>. Acesso em 09 de ago de 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 99p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, W.L.; REIS, F.P. Influência do tratamento com ácido sulfúrico na germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* Stapf. **Revista Ceres**, v.41 n.236, p.451-458, 1994.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CAETANO, R.S.X. Soil seed banks. **Scientia Agrícola**, v.55, n. esp., p.73-78, 1998.

- CÍCERO, S.M. Dormência de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (ed.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 41-73.
- COHN, A. Operational and philosophical decisions in seed dormency research. **Seed Science Research**, v.6, n.2, p.147-153, 1998.
- EGLEY, G.H. Seed germination in soil: dormancy cycles. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.529-543.
- EIRA, M.T.S. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de capim andropogon. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.5, n.3, p.37-50, 1983.
- FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Symporium**, v.6, p.36-41, 2008.
- FINCH-SAVAGE, W.E., LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v.171, p.501-523, 2006.
- GARCIA, J.; CÍCERO, S.M. Superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. **Scientia Agrícola**, v.49, n.1, p.9-13, 1992.
- GONZÁLEZ, Y.; MENDOZA, F.; TORRES, R. Efecto del almacenamiento y la escarificación química y mecánica sobre las semillas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. **Pastos y Forrajes**, La Habana, v.17, n.35, p.35-43, 1994.
- GREGGAINS, V. et al. Viability loss free radical processes during desiccation of recalcitrant *Avicennia marina* seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.11, n.3, p.235-242, 2001.
- HILHORST, H.W.M. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. **Seed Science Research**, v.5, n.2, p.61-73, 1995.
- HILHORST, H.W.M. The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis. **Seed Science Research**, v. 8, n. 1, p. 77-80, 1998.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Seed Testing 1985. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.13, n.2, p.299-355, 1985.
- ISHIBASHI, Y. et al. Hydrogen peroxide scavenging regulates germination ability during wheat (*Triticum aestivum* L.) seed maturation. **Plant Signaling and Behavior**, v.3, n.3, 2008.

- KHAN, A.A. Control and manipulation of seed dormancy. In: LANG, G.A. (ed.) **Plant dormancy physiology, biochemistry and molecular biology**. New York: CAB International, 1996. p. 3-16.
- KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: [s.n.], 1995. 491p.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação de sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 170p.
- LAGO, A.A.; MARTINS, L. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha*. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.2, p.199-204, 1998.
- LANG, G.A. Dormancy: a new universal terminology. **HortScience**, v.22, n.4, p.817-820, 1987.
- LANG, G.A. et al. Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, v.22, n.3, p.371-377, 1987.
- LEOPOLD, A.C. Natural history of seed dormancy. In: LANG, G.A. (ed.). **Plant dormancy: physiology, biochemistry and molecular biology**. New York: CAB International, 1996. p. 3-16.
- LIMA, V.L.; CARDOSO, V.J.M. On the germination and dormancy of dispersal units of *Brachiaria decumbens* Stapf. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.39, n.3, p.595-606, 1996.
- MACEDO, E.C.; GROTH, D.; LAGO, A.A. Efeito de escarificação com ácido sulfúrico na germinação de sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schw. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.3, p.455-460, 1994.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz. Piracicaba: Editora FEALQ, 2005. vol.12.
- MARTINS, L.; LAGO, A.A. Germinação e viabilidade de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Staupf durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.262-266, 1996.
- MARTINS, L. et al. Tratamento térmico e superação da dormência em sementes de *Brachiaria brizantha*. **Informativo Abrates**, v.7, n.1/2, p.245, 1997.
- MARTINS, L.; SILVA, W.R. Estudo do comportamento da dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.997-1003, 2001.
- MARTINS, L.; SILVA, W.R. Efeitos imediatos e latentes de tratamento térmico e químico em sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.83-89, 2003.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon, 1989. 270p.

MESCHEDE, D.K. et al. Tratamentos para superação da dormência das sementes de capim braquiária cultivar Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.76-81, 2004.

MONTÓRIO, G.A. et al. Avaliação de métodos para superação da dormência das sementes de capim braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). **Revista Unimar**, v.19, n.3, p.797-809, 1997.

MOUSSA, H. et al. Factores affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semi-arid of Nger, West Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.104, n.1/3, p.27-34, 1998.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados nos desempenhos das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NUTILE, G.E.; WOODSTOEK, L.W. The influence of dormancy- inducing desiccation treatments on the respiration and germination of sorghum. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.20, p.554-561, 1967.

OLIVEIRA, P.R.P.; MASTROCOLA, M.A. *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickedert: viabilidade de suas sementes. **Boletim de Industria Animal**, v.40, n.1, p.49-53, 1983.

ORACZ, K. et al. ROS production and protein oxidation as a novel mechanism for seed dormancy alleviation. **The Plant Journal**, v.50, p.452-465, 2007.

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

PREVIERO, C.A.; GROTH, D.; RAZERA, L.F. Dormência de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A.Rich) Stapf armazenadas com diferentes teores de água em dois tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.392-397, 1998.

ROBERTS, E.H. A search for pattern and form. **Seed Science Research**, v.9, n.1, p.181-208, 1999.

ROSA, S.D.V.F. et al. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas lea associadas à tolerância de sementes milho à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira Sementes**, v.27, n.2, p.91-101, 2005.

SILVA, W.R. Seed performance after exposure to high temperatures. **Scientia Agricola**, v.55, (esp.), p.102-109, 1998.

SILVA, T.T.A. et al. Teor de água na colheita e temperatura de secagem na qualidade de sementes de sorgo, durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.1, p.66-81, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

USBERTI, R. Determinação do potencial de armazenamento de lotes de sementes de *Brachiaria decumbens* pelo teste de envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.691-699, 1990.

USBERTI, R.; GOMES, R.B.R.; MARTINS, L. Efeito da escarificação com ácido sulfúrico concentrado na germinação de sementes de gramíneas forrageiras (*Brachiaria brizantha*, *B. humidicola* e *Panicum maximum*). In: CONGRESSO BRASILEIROS DE SEMENTES, 9., 1995, Florianópolis. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.2, p.118, 1995.

VILLIERS, T.A. Seed dormancy. In: KOSLOWSKI, T.T. (ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.220-281.

VOLL, E. et al. Embebição e germinação de sementes de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*). (link), Hitchc. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.58-61, 1997.

WATT, M.S.; BLOOMBERG, M. Key features of the seed germination response to high temperatures. **New Phytologist**. 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2012.04280.x/abstract>>. Acesso em: 24 ago 2012.

WHITEMAN, P.C.; MENDRA, K. Effects of storage and seed treatments on germination of *Brachiaria decumbens*. **Seed Science and Technology**, v.12, p.233-242, 1982.

WOLKERS, W.F. et al. Fourier transform infrared microscopy detects changes in protein secondary structure associated with desiccation tolerance in developing maize embryos. **Plant Physiology**, Rockville, v.116, n.3, p.1169-1177, 1998.